

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив кліматичних змін на врожайність озимого ріпаку в
Північному Причорномор'ї**

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-2а
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)

Освітня програма Агрометеорологія»
(назва)

Доянов Дмитро Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Кирнасівська Наталія Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант -
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент к.геогр.н., доцент
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорологія та агроекології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Агрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 29 » жовтня 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Доянову Дмитру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив кліматичних змін на врожайність озимого ріпаку в
Північному Причорномор'ї

керівник роботи Кирнасівська Наталія Василівна, к.геогр.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 5 » жовтня 2018 року № 271 «С»

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: 1.Агрокліматичні дані по Одеській, Миколаївській,
Херсонській областях за 1986-2005 рр.; 2. Кліматичний сценарій
RCP4.5; 3.Програма динамічної моделі формування урожайності
сільськогосподарських культур.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови Північного
Причорномор'я; 2. Описати біологічні особливості озимого ріпаку; 3. Описати
існуючі сценарії змін клімату 4.Описати динамічну модель формування
урожайності; 5. Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування озимого
ріпаку у зв'язку зі змінами клімату; 6. Оцінити формування агроекологічних
категорій урожайності в умовах зміни клімату.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Графіки порівняння температури повітря та опадів, вологозабезпеченості,
динаміки площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу, приростів
рослинної маси, агроекологічних категорій урожаїв озимого ріпаку.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Немає		

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи	29.10.2018 р. - 02.11.2018 р.	90	5(відмінно)
2	Ознайомлення з літературними джерелами за темою магістерської кваліфікаційної роботи.	03.11.2018 р. - 6.11.2018 р.	90	5(відмінно)
3	Вивчення динамічної моделі та проведення чисельних експериментів.	7.11.2018 р.- 12.11.2018 р.	90	5(відмінно)
4	Проведення критичного аналізу одержаних результатів, складання таблиць, побудова графіків.	13.11.2018 р.- 18.11.2018 р.	90	5(відмінно)
5	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	90	5(відмінно)
6	Написання аналізу одержаних результатів.	25.11.2018 р. - 5.12. 2018 р.	94	5(відмінно)
7	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	6.12.2018 р. - 10.12.2018 р.	94	5(відмінно)
8	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	14.12.2018 р.	94	5(відмінно)
9	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		93,0	

Студент _____ Доянов Д.В
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кирнасівська Н.В
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
за темою "Вплив кліматичних змін на врожайність озимого ріпаку в
Північному Причорномор'ї"

магістра 2-го року навчання
Доянова Дмитра Володимировича

Ріпак належить до провідних олійних культур в Україні та світі. Насіння його має широке технічне та продовольче застосування, що підтверджується стабільним попитом. Грунтово-кліматичні умови України сприятливі для нормального росту та розвитку рослин озимого ріпаку та відповідають його біологічним вимогам. Зокрема, достатньо висока родючість ґрунтів, їх задовільна водо- та повітропроникність, велика кількість опадів і температурний режим сприяють, при застосуванні рекомендованих агротехнологічних заходів вирощування цієї культури в усіх регіонах та отримувати понад 40 ц/га насіння.

Сучасне потепління спричиняє значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування врожайності усіх сільськогосподарських культур, в тому числі і озимого ріпаку.

Мета даної кваліфікаційної роботи - оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування озимого ріпаку в Північному Причорномор'ї та впливу цих змін на урожайність культури.

Об'єктом дослідження є формування урожайності озимого ріпаку. Предметом дослідження - зміна урожайності озимого ріпаку в Північному Причорномор'ї за сучасних умов і в зв'язку із зміною клімату за кліматичним сценарієм RCP4.5.

При виконанні роботи використовувався метод математичного моделювання продукційного процесу озимого ріпаку.

В результаті виконання роботи визначені умови росту, розвитку та формування продуктивності озимого ріпаку в умовах зміни клімату на території Північного Причорномор'я.

Структура і обсяг роботи: 80 – сторінок, 8 - таблиць; 19 - рисунків, 37 - літературних джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: площа листя, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, агроекологічні категорії урожайності, озимий ріпак

SUMMARY

for the master's qualification work

on the topic "Influence of climate change productivity of winter colza in the Northern Black Sea region"

Master of the 2nd year of studying

Doianov Dmytro Volodymyrovych

Colza is one of the leading oilseeds in Ukraine and in the world. Its seeds have a wide range of technical and food applications, as evidenced by stable demand. Soil-climatic conditions of Ukraine are favorable for normal growth and development of winter colza plants and correspond to its biological requirements. In particular, the high soil fertility, their satisfactory water and air penetration, high rainfall and temperature conditions contribute to the application of recommended agrotechnological measures to cultivate this crop in all regions and to receive more than 40 c / hectares of seeds.

Modern warming causes a significant change in the agroclimatic conditions of growth, development and yield formation of all agricultural crops, including winter colza.

The purpose of this qualification work is to evaluate the changes in the agroclimatic conditions of winter colza growing in the Northern Black Sea coast and the impact of these changes on the yield of the crop.

The object of research is the formation of winter crop yields. The subject of the study is the change in the yield of winter colza in the Northern Black Sea region under current conditions and in connection with climate change in the climatic scenario RCP4.5.

In the course of the work, was used the method of mathematical modeling of the production process of winter colza.

As the result of the work, the conditions for the growth, development and formation of winter colza productivity in conditions of climate change in the Northern Black Sea region were determined.

Structure and scope of the work: 80 - pages, 8 - tables; 19 - drawings, 37 - literary sources.

KEY WORDS: leaf area, photosynthetic potential, net productivity of photosynthesis, agroecological categories of yield, winter colza

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ТА БІОЛОГІЯ ОЗИМОГО РІПАКУ	9
1.1 Характеристика природних умов території	9
1.2 Агрокліматичні особливості в теплий період на території Північного Причорномор'я	11
1.3 Вимоги озимого ріпаку до умов навколишнього середовища	16
2 ІСНУЮЧІ СЦЕНАРІЇ ЗМІН КЛІМАТУ	24
3 ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ОЗИМОГО РІПАКУ	27
3.1 Базова модель оцінки умов формування врожаю озимого ріпаку	27
3.2 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі	36
4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ОЗИМОГО РІПАКУ У ПІВНІЧНОМУ ПРИЧОРНОМОР'І	38
4.1 Моделювання та оцінка впливу кліматичних змін на умови росту озимого ріпаку у весняно-літній період вегетації	38
4.2 Формування агроекологічних рівнів урожайності озимого ріпаку в умовах змін клімату	47
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	72
ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Ріпак належить до провідних олійних культур в Україні та світі. Насіння його має широке технічне та продовольче застосування, що підтверджується стабільним попитом. За обсягами світового виробництва поступається лише сої. Дані Міністерства сільського господарства США (USDA) за травень 2017 року свідчать, що світове виробництво олійного насіння у 2016–2017 маркетинговому році (МР) становило 566 млн. т, з яких частка соєвих бобів перевищила 61%, ріпаку — 12%.

Упродовж останніх восьми сезонів світове виробництво ріпаку сягало понад 60 млн. т. Проте рекордних обсягів було досягнуто у 2013–2014 МР за виробництва цього олійного насіння на рівні 71,7 млн. т у наступні періоди спостерігалось поступове зменшення валового виробництва ріпаку. На це впливало скорочення площ під культурою. Так, площа вирощування ріпаку поточного сезону становила 33,7 млн. га, що на 0,47 тисяч менше попереднього періоду. При цьому урожайність сягала близько 2,0 т/га, що на рівні останніх трьох сезонів.

Найбільшим виробником ріпаку є країни Європейського Союзу. Поточного сезону вони виробили 20,4 млн. т насіння, що становило майже 30% світового врожаю. До провідних виробників ріпаку належать також Канада з обсягом виробництва на рівні 18,5 млн. т, Китай (13,5 млн. т) та Індія (7,0 млн. т), які одночасно є найбільшими споживачами цього насіння.

За обсягами виробництва олійних культур в Україні ріпак поступається соняшнику та соєвим бобам. Дані Держстату України свідчать, що площі збирання ріпаку в 2016 році сягали 449 тис. га, або на третину менше 2015 року [14]. Валове виробництво цього насіння становило 1,15 млн. т порівняно з 2016 роком середня урожайність культури знизилася до 25,7 ц/га, або на 0,2 ц/га, а загальне виробництво ріпаку зменшилося на третину.

В Україні домінує виробництво ріпаку озимого. Його частка у структурі посівних площ 2016 року становила 91%. Урожайність озимого ріпаку дорівнювала 26,5 ц/га, тоді як ярого (кольза) знаходилася на рівні 17,4 ц/га. Найбільші площі під ріпаком озимим були зосереджені у Хмельницькій (43,1 тис. га), Тернопільській (40,1), Одеській (36,9), Львівській (35,5), Вінницькій (34,1) областях; ярім — Львівській (8,6 тис. га), Тернопільській (4,0).

Основними виробниками ріпаку є сільськогосподарські підприємства. Так, за підсумками минулого року у великих та середніх господарствах було зібрано понад 97% загального врожаю цієї культури [12].

Основною метою кваліфікаційної магістерської роботи є закріплення і розширення теоретичних і практичних знань зі спеціальності та застосування їх при вирішенні завдань, розвиток навичок виконання самостійної роботи і оволодіння методикою дослідження та проведення експерименту при розв'язанні задачі, яка поставлена у роботі.

При виконанні кваліфікаційної магістерської роботи використовується спеціальна література та прийоми систематизації літературних джерел, роботу з Інтернет - ресурсами, їх критичного розгляду та визначення головного в сучасному стані вивчення теми. А також методи теоретичних та експериментальних досліджень в агрометеорології, методи обробки експериментальних та багаторічних спостережень, аналізу та узагальнення агрометеорологічної інформації при вирішенні конкретних задач, а саме:

1. Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови території Північного Причорномор'я.
2. Вивчити біологічні особливості культури озимий ріпак.
3. Ознайомитися з існуючими сценаріями зміни клімату.
4. Ознайомитися з динамічною моделлю формування врожайності озимого ріпаку.
5. Оцінити агрокліматичні умови росту, розвитку та продуктивності озимого ріпаку в порівнянні середньобагаторічних та сценарних (RCP4.5) розрахункових даних.

6. Оцінити агроекологічні категорії урожайності озимого ріпаку в порівнянні середньобаторічних та сценарних (RCP4.5) розрахункових даних.

В магістерській кваліфікаційній роботі використовувалися: 1) Середні багаторічні агрокліматичні дані з довідників за 1986-2005 рр. [1, 2, 3, 4, 10, 11, 21]; 2) Кліматичний сценарій RCP4.5; 3) Програма динамічної моделі формування урожайності сільськогосподарських культур.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ТА БІОЛОГІЯ ОЗИМОГО РІПАКУ

До складу регіону Північного Причорномор'я належать території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей, а також територія тимчасово непідконтрольної АР Крим (зображено на Рис. 1). Площа Північного Причорномор'я 112 450 тисяч км² (18,8 % площі України). Загальна площа сільськогосподарських земель становить 78 715 тисяч км².

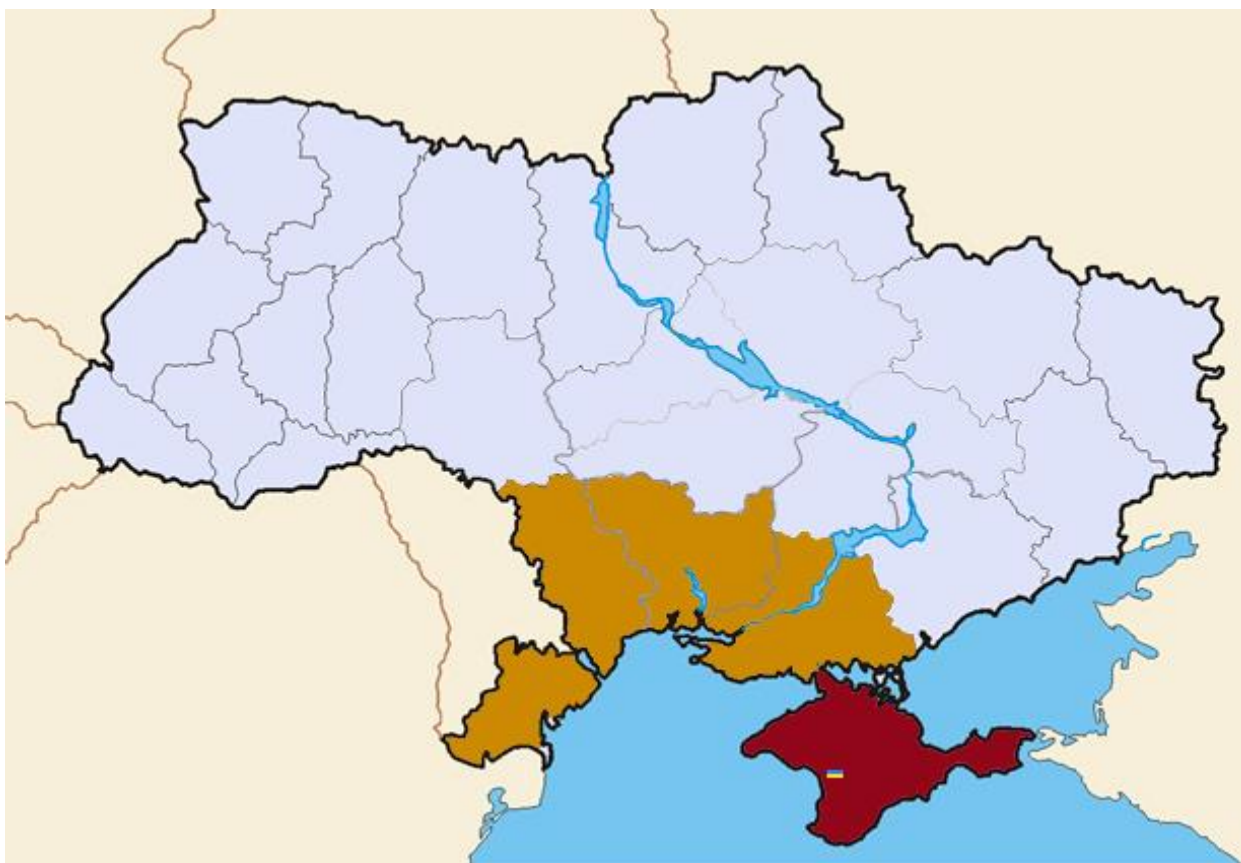


Рисунок 1 – Територія Північного Причорномор'я

1.1 Характеристика природних умов території

Для Миколаївщини – характерні наступні умови: середньомісячна температура повітря в січні у межах -4... -8 °С, у липні від +21 до +23 °С.

Середньомісячна кількість опадів 425-450 мм. Розподіляються вони продовж року нерівномірно, бездошові періоди часто тривають 25-30 днів. Високі температури за низької відносної вологості повітря часто зумовлюють посуху, особливо у другій половині літа [1]. Сильні вітри викликають дефляцію ґрунту. Рельєф зони переважно рівний, порушений на околицях Приазовської та Велико-Подільської височини.

До решти території Північного Причорномор'я належить територія Одеської області, Херсонської області і Автономну Республіку Крим. Для цієї підзони характерні високі температури повітря в літні місяці, низька відносна вологість повітря, часті суховії, ґрунтові та повітряні посухи. У січні середня температура повітря становить від мінус 1,5 до мінус 5 °С, у липні 23-24 °С. Середньорічна кількість опадів складає 300-450 мм, з них в теплий період року 200-250 мм, часто у вигляді злив, які супроводжуються градом, грозою чи бурею і завдають значної шкоди сільському господарству. Бездошові періоди різної тривалості продовж року можуть тривати понад 40 днів [1, 3].

Для більшої території Степу характерні бурі. Особливо часто вони повторюються в Херсонській, Миколаївській областях та центральних районах Криму.

Серед різноманітних природних багатств вагоме місце займають кліматичні ресурси. Від їх відповідного використання значною мірою залежать результати господарської діяльності людини. Встановлено, що одержувати високі врожаї можливо лише за використання сільськогосподарських культур на належному агротехнічному рівні з урахуванням особливостей погоди та клімату.

На території Північного Причорномор'я переважають південні чорноземи з лісовим підґрунтом. На південь вони переходять у темно-каштанові й каштанові ґрунти, які залягають іноді з солонцями. Для узбережжя Чорного і Азовського морів характерні солонці та солончаки.

Однією з важливих характеристик радіаційного режиму є тривалість сонячного сьйва. Знання річного ходу сонячного освітлення дає змогу провести вчасно сівбу та здійснити інші технологічні елементи [3].

У північному Степу мінімальне значення тривалості сонячного освітлення становить до 35-45 год (15-20% можливого), а у південному відбувається подальше збільшення до 45-60 год (19-25 % можливого).

1.2 Агрокліматичні особливості в теплий період на території Північного Причорномор'я

Клімат Одеської області теплий, сприятливий для вирощування різних видів культурних рослин, в тому числі плодових і винограду. Формується клімат області під впливом вологих атлантичних та середземноморських повітряних мас. Літо в області жарке і тривале (з травня по жовтень). Середня температура найтеплішого місяця липня становить від 23 °С на півдні до 21 °С на північному заході [2].

Середня за рік сума опадів становить від 300 мм на південному сході до 450 мм на північному заході. Найбільша кількість опадів буває в липні. Опади влітку переважно зливові.

Ріки області належать басейну Чорного моря. Головні - Південний Буг, Дністер і Дунай. В південній частині області є невеличкі річки, які влітку пересихають. В плавнях Дунаю і Дністра багато озер. В північній та центральній частині області багато ставків.

Ґрунти області представлені чорноземами і вони мають зональний характер. На півночі в лісостеповій зоні розповсюджені опідзолені чорноземи, а на рівнинах і зволжених ділянках розповсюджені середньо гумусні чорноземи. В центральній частині області переважають звичайні середньо гумусні чорноземи. У приморській смузі зустрічаються каштанові слабо солонцюваті ґрунти. На півдні області переважають південні мало гумусні

важко суглинкові чорноземи. В долинах річок переважають родючі лукові ґрунти, в приморських впадинах - солончаки.

М'яко-пластичний стан ґрунту настає на півдні області на початку березня, в північних районах – наприкінці третьої декади березня.

У весняний період найбільше значення має швидкість прогрівання ґрунту. До 5 °С ґрунт прогрівається наприкінці березня, початку квітня. Початок польових робіт припадає на другу-третю декаду березня, початок квітня.

В залежності від наростання сум позитивних температур відрізняють три типи весни: середня, дружна, пізня або затяжна. За основу характеристики весни приймаються суми температур від дати переходу через 0 °С до дати накопичення сум температур 350 °С. За дружню весну приймається весна, коли сума температур становить 440 °С, за затяжну - 250 °С.

В області поширені озимі зернові (переважно озима пшениця), ярі зернові (овес, ячмінь), кукурудза, просо, соняшник, цукрові буряки, овочеві культури, плодово-ягідні і баштанні.

З даними тепло та вологозабезпеченості територія області поділена на чотири зони: помірно тепла з сумами температур менше 3000 °С, тепла – з сумами температур 3000-3200 °С, дуже тепла – 3200-3400 °С, жарка – з сумами температур більше 4000 °С [2, 3].

В залежності від кількості опадів, які випадають за період з температурою вище 10 °С зони поділяються на підзони.

За даними тепло та вологозабезпеченості область розділяється на чотири агрокліматичних райони: північний з сумою температур 2800-3000 °С і ГТК від 0,8 до 1,0 і сумою опадів за рік від 390 до 460мм; центральний теплий район – з сумою температур від 3000 до 3200 °С, ГТК = 0,7 - 0,8, сумою опадів від 350 до 450мм; центральний дуже теплий район з сумами температур 3200-3400 °С, ГТК= менше 0,7, сумами опадів близько 400 мм; південний агрокліматичний район з сумами температур 3400-6000°С, ГТК= близько 0,7, сумами опадів більше 400мм. Тривалість безморозного періоду по області коливається від 180 до 226 днів.

Клімат Херсонської області помірно-континентальний із порівняно м'якою зимою та жарким тривалим літом. Середня температура повітря за рік по області становить 9,8 - 10,8 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 0,8 - 2,2 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) – +22,9 - 23,9 °С.

Найнижча температура повітря по області відмічалася у січні 1997 року (м. Асканія-Нова) і становила 26,0 °С морозу. За весь період спостережень абсолютний мінімум температури повітря зафіксований у січні 1950 року (м. Нижні Сірогози) та в лютому 1954 року (м. Асканія-Нова) і становив 30,9 °С морозу. Абсолютний максимум зафіксований у липні 2002 року і становив 40,5 °С тепла (м. Херсон).

Зимовий період на Херсонщині триває 62-77 днів – з 6-14 грудня до 14-22 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління та починається весна [3, 4].

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 229-237 днів, починається в середньому по області 20-25 березня і закінчується 9-14 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 3635 °С на сході до 3770 °С у центрі області, у приморських районах – від 3810 °С до 3860 °С.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 183-189 днів, змінюючись в окремі роки від 162 до 219 днів, у приморських районах – від 148 до 154 днів, починається 13-17 квітня і закінчується 15-20 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3285 °С на півночі до 3415 °С в центрі області, в приморських районах – від 3455 °С до 3495 °С. В окремі роки ця сума коливається від 2850 °С до 3685 °С, у приморських районах – від 3105 °С до 3745 °С.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 132-142 дні – з 11-17 травня до 24-30 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від

2585 °С на півночі до 2735 °С в центрі області, в приморських районах – 2800 °С - 2830 °С.

Середня кількість опадів по області за рік становить 444 мм, змінюючись по території від 368 до 503 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 239 до 969 мм. Близько 65 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Херсонська область – найбільш засушлива область України. Переважна кількість опадів випадає в літній період у вигляді злив. Сніговий покрив нестійкий і утримується кілька десятків днів, а в прибережній частині області ще менше – близько 15 днів [4].

Клімату Херсонщини притаманні суховії – сильні вітри (зі швидкістю більше 5 м/с) при низькій вологості повітря (менше 30 %) та високих температурах повітря (вище 25 °С). Вони негативно впливають на розвиток с.-г. культур, що призводить до істотного зниження їх урожайності. У вегетаційний період на території області (крім приморських районів) спостерігається від 15 до 33 днів із суховіями різної інтенсивності. Впродовж вегетаційного періоду 1986 року відмічалось 52 дні із суховієм.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, дуже сильний дощ, зливи, сильний вітер та пилові бурі.

Суворі атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК менше 0,7), має ймовірність 90 % на більшій частині території області.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень–жовтень) по області коливається від 59 % влітку до 80 % весною та восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 27-51 день, у приморських районах – 4-5 днів.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Херсонської області поділено на

два агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення посушливого та високого рівня теплозабезпечення дуже посушливого).

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 170–191 днів, у приморських та прибережних районах – 204–216 днів, на поверхні ґрунту – 153–166 днів, у приморських та прибережних районах – 182–189 днів.

Клімат Миколаївської області помірно-континентальний. Зима малосніжна, порівняно тепла, а літо спекотне, з частими суховіями. Середня температура повітря за рік по області становить 9.3–10.4 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 1.3–2.7 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 21.9–23.4 °С. Абсолютний максимум температури повітря був перевищений у липні 2007 року та становив 41.3 °С (М Вознесенськ) [1].

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 232–235 днів, починається в середньому по області 21–22 березня і закінчується 9–11 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 3555 °С на півночі області до 3835 °С на півдні.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 186–191 днів, змінюючись в окремі роки від 163 до 219 днів, починається 13–15 квітня і закінчується 17–21 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3255 °С на півночі області до 3540 °С на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2970 °С до 3805 °С [11].

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 131–140 днів – з 10–15 травня до 20–27 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 2520 °С на півночі області до 2855 °С на півдні.

Середня кількість опадів по області за рік становить 469 мм, змінюючись по території від 404 до 578 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 246

до 777 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року. Помірна атмосферна засуха, яка часто поєднується з ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0.3–0.7), має ймовірність 90 % по всій території області. Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень–жовтень) по області коливається від 66 % весною до 73 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 32–41 день.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Миколаївської області поділено на три агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення і недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення посушливий; високого рівня теплозабезпечення дуже посушливий). Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 179–203 дні, на поверхні ґрунту – 157–179 днів [10].

У вегетаційний період на території області спостерігається від 16 до 28 днів із суховіями різної інтенсивності.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

1.3 Вимоги озимого ріпаку до умов навколишнього середовища

Озимий ріпак - рослина довгого дня. Ясна погода під час загартування сприяє підвищенню морозостійкості ріпаку. Під час весняно-літньої вегетації краще росте при високій вологості повітря при помірних невисоких температурах. Такі умови складаються при похмурій погоді. У загущених посівах спостерігаються взаємне затінення рослин, передчасне відмирання листя, поганий розвиток репродуктивних органів. Крім того, рослини через недостатнє освітлення нижньої частини стебел полягають. Малий доступ

світла викликає витягування клітин, в результаті їх стінки стають тоншими, а стебла ріпаку розвиваються ніжними.

Ріпак - невибаглива до тепла культура. Насіння ріпаку починає проростати за температури 1 °С, проте для одержання сходів на 3-4 день потрібна температура 14-17 °С. Рослини вегетують при 5-6 °С і продовжують осінню вегетацію навіть при настанні нічних заморозків. Для осінньої вегетації достатня сума активних (вище 5 °С) температур 750-800 °С. Найкраще перезимовують рослини з розвинутою розеткою 6-8 справжніх листків, що досягається оптимальним строком сівби і рекомендованою густиною рослин [5].

Загартування ріпаку відбувається у дві фази. Перша проходить восени впродовж 14-20 днів за температури від 5°С до 7°С тепла, припиняється з настанням мінусових температур. Друга фаза триває лише 5-7 днів за температури мінус 5-7 °С. Сходи озимого ріпаку при пізніх строках сівби, що мають 3-4 листки, не проходять загартування і гинуть при морозі 6-8 °С. При доброму загартуванні ріпак переносить морози на рівні кореневої шийки до мінус 12-14 °С. При сніговому покриві в 5-6 см озимий ріпак витримує морози 23-25 °С і навіть до мінус 30°С. Найкраще перезимовує за висоти рослини 10-15 см [7].

В умовах Західного Лісостепу України за період 1993-2004 рр. озимий ріпак вимерзав майже повністю лише у 1996 і 2003 рр. Навесні рослини відновлюють вегетацію за середньодобової температури 1-3°С. Ріпак негативно реагує на сильні коливання температури навесні. Найкраща температура для росту вегетативної маси 18-20°С. Оптимальна температура в період досягання і цвітіння 22-23°С. За весняної сівби озимий ріпак не дає квітконосних пагонів, але розвиває розетку з великим листям, яка досягає висоти 60-80 см і придатна для використання на корм худобі[8].

Озимий ріпак вимогливий до вологи. При річній сумі опадів 600-700 мм він формує високу продуктивність, при 500-600 мм - задовільну, а при меншій

500 мм - врожаї помітно знижуються. Транспіраційний коефіцієнт 500-700. Ріпак менш вимогливий до вологи восени і рано навесні.

Від появи сходів до закриття ґрунту листками, достатньо незначних опадів. При відновленні вегетації навесні рослини добре використовують зимові запаси вологи. Найбільш негативно впливає нестача води в період інтенсивного росту стебла і вегетативної маси. Такі посіви передчасно зацвітають. Посуха у фазі цвітіння може спричинити опадання квіток, скорочувати тривалість цвітіння[8].

При формуванні стручків і досяганні ріпак теж потребує достатнього волого забезпечення. Він добре реагує на часті, але не сильні дощі. Якщо під час наливу і досягання вологи недостатньо, то маса 1000 насінин зменшується з 4,0-4,5 г до 2,5-3,0 г, досягання насіння прискорюється, врожайність зменшується [6].

Вегетаційний період озимого ріпаку на 10-15 днів триваліший, ніж суріпиці озимої, а врожайність на 15-20% вища[18].

Озимий ріпак вимогливий до родючості ґрунту. На формування 1 ц насіння ріпак потребує значно більше поживних речовин, ніж зернові культури. Добре росте на чорноземах, темно-сірих та сірих лісових ґрунтах, дерново-підзолистих та ін. з нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6,6-7,2). Може рости і при рН вище 7,2 і нижче 6,6. Ґрунти з рН менше 6 потребують вапнування. Непридатні - важкі глинисті, заболочені з водонепроникним підорним шаром, бо в них недостатньо розвивається коренева система. Вирощування ріпаку на піщаних ґрунтах Полісся значною мірою залежить від їх забезпеченості поживними речовинами і вологою. Ріпак добре росте у Степу, за винятком засолених ґрунтів. Найсприятливіші для вирощування цієї культури ґрунти Лісостепу.

Онтогенез ріпаку, як і у більшості видів сільськогосподарських рослин, можна розділити на два основні періоди: вегетативний - формування вегетативних органів (коренів, листя і стебла), і генеративний, або репродуктивний - формування суцвіть, квіток, плодів [32].

У процесі індивідуального розвитку ріпак проходить п'ять вікових періодів, які тісно взаємопов'язані з проходженням фенологічних фаз. У озимого ріпаку розрізняє такі фази вегетації: сходи, поява першої пари справжніх листків, початок утворення листової розетки, початок формування нового листа розетки навесні, початок стеблуння (розгалуження), освіту суцвіть, початок бутонізації, освіта помітного віночка квітки, початок цвітіння, цвітіння, утворення перших стручків, молочна стиглість, воскова стиглість, повна стиглість.

При оптимальній вологості ґрунту і температурі повітря 15-18 °С сходи ріпаку з'являються на 3-4-й день; при нестачі вологи, тепла і в разі глибокої закладення насіння - на 8-10-й день і пізніше. Після появи на поверхні ґрунту сім'ядольних листочків утворюються справжні листи [16.17].

При весняному посіві ріпаку озимого в перший місяць зростання рослин йде сповільнено. Висота рослини досягає 15-18 см, на ньому формується 5-6 листків. Більш активно ріпак росте другого місяця життя, а потім приріст помітно скорочується [36].

При посіві на початку серпня сходи, як правило, з'являються на 3-7-й день. Якщо опадів в літній період випадає мало, сходи можуть з'явитися на 20-30-й день. При сприятливих для появи сходів умовах через місяць рослини мають 5-6 листків, довжина найбільших з них 20-25 см. Листя в розетці в залежності від сорту і умов розвитку можуть бути притиснуті до нирці або спрямовані вгору [35].

Веgetаційний період у ріпака озимого складає 280-320 дні. Його тривалість, як і у інших культур, залежить від погодних умов та агрозаходів. Сорти та гібриди озимого ріпака поділяють на пізньостиглі вегетація триває більше 310 дні, середньостиглі - 280-310 дні та ранньостиглі - до 280 дні. Протягом свого життя озимий ріпак проходить чотири періоди, 20 фенофаз та 12 етапів органогенезу.

Онтогенез озимого ріпаку, як і у більшості видів сільськогосподарських культур, можна розділити на два основних періоди: вегетативний - формування вегетативних органів і генеративний, або репродуктивний, - формування суцвіть, квіток і плодів.

У наступні етапи органогенезу формується суцвіття на головній і бокових осях, цвітіння і запліднення зав'язей, формується і росте плід. В ньому нагромаджуються запасні поживні речовини, завершується дозрівання насіння.

У процесі індивідуального розвитку ріпак проходить чотири періоди, які тісно взаємопов'язані із проходженням фенологічних фаз (Табл.1).

Таблиця 1.1 - Періоди і фенологічні фази росту і розвитку рослин озимого ріпаку

Періоди росту та розвитку	Фенофази та їхня характеристика	Тривалість фенофаз, днів	Етапи органогенезу
Перший період утворення листків.	1.Проростання насіння, сходи. 2.Поява сім'ядольних листків. 3.Поява першого справжнього листка.	Від 5 до 17 днів.	1

Продовження таблиці 1.1.

	4. Початок утворення листкової розетки (3-4 листки).	50-60	2
	5. Триває утворення розетки (6 листків.)		3
	6. Триває утворення розетки (8 листків).		4
	7 Триває утворення розетки (10 листків).		
	8. Триває утворення розетки (11 листків)		
	9. Утворення весняної розетки(від відновлення вегетації до появи 12-16-го листків).		5

Продовження таблиці 1.1.

Другий період: утворення генеративних органів.	10.Стеблування.	20-30	6
	11.Галуження.		7
	12.Бутонізація.		8
Третій період: цвітіння.	13.Початок цвітіння.	18-30	9
	14.Повне цвітіння.		10
	15.Кінець цвітіння.		11
Четвертий період: достигання.	16.Інтенсивний ріст стручків у довжину. Листки опадають.	35-50	12
	17.У стручку формується насіння, темно- зеленого кольору.		
	18.Насіння жовтіє.		
	19.Насіння починає буріти.		
	20.Насіння набуває темно- коричневого забарвлення.		

Тривалість кожного періоду і фенофази суттєво впливають на рівень урожайності рослин. Для реалізації високих потенціальних можливостей ріпаку важливе значення має тривалість тих етапів органогенезу, на яких закладаються генеративні органи (другий період). Чим вони триваліше, тим більше закладається генеративних органів. Посіви оптимальних (серпневих) строків швидше переходять до цих етапів, наприклад у вересні, а вересневі значно пізніше - в кінці грудня - на початку січня. У першому випадку активно закладаються квітки на головному стеблі - найбільш продуктивному; в другому - на бокових пагонах, тобто на менш продуктивних. Продуктивність надраних посівів не зростає, не зважаючи на те, що тривалість формування генеративних органів збільшується, так як внаслідок передчасного утворення стебла знижується зимостійкість рослин [13].

2 ІСНУЮЧІ СЦЕНАРІЇ ЗМІН КЛІМАТУ

Робочою групою Міжнародної групи експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних описових сюжетних лінії (зображено на рис.2.1.) для послідовного викладення зв'язків між визначальними факторами викидів та їх розвитком, а також додатковий контекст для кількісного визначення сценарію. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які одними особами можуть розглядатися позитивно, а іншими – негативно.

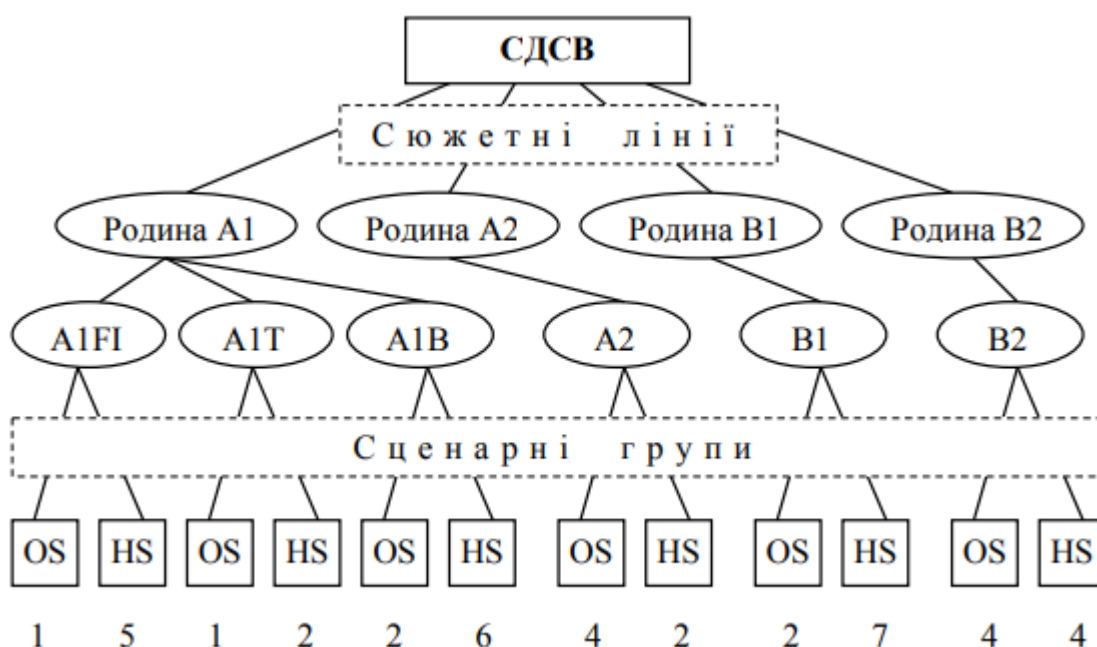


Рисунок 2.1 – Сюжетні сценарії зміни клімату

Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів ПГ та викидів сірки. Кожен сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній. Усі сценарії, що ґрунтуються на одній сюжетній лінії, являють собою сценарну «родину». Треба відзначити, що сценарії не містять додаткові ініціативи у галузі клімату, тобто немає сценарію, який би припускав здійснення Рамкової конвенції ООН про зміни клімату або

Кіотського протоколу [30].

В той же час, на викиди ПГ безпосередньо впливає політика у галузі не кліматичних змін, спрямована на досягнення інших цілей. До того ж, урядова політика може у різній мірі впливати на фактори викиду ПГ, а саме на демографічні зміни, соціально-економічний розвиток, технологічні зміни, використання ресурсів та регулювання забрудненням. Саме цей вплив відображується у сюжетних лініях та підсумкових сценаріях.

Модель Representative Concentration Pathways (RCP) або зразкові шляхи концентрації, це модель що була започаткована Міжурядовою групою з питань зміни клімату. Починаючи з 1990 року ця група експертів публікує доповіді про стан зміни клімату. Остання на даний момент п'ята доповідь опублікована в 2014 році. Експерти розглядають чотири сценарії концентрації парникових газів в Земній атмосфері до 2100 року (рис. 2.2).

Так, за найоптимістичнішим сценарієм (RCP2.6), пік викидів парникових газів припаде на 2010-2020 роки, після чого відбудеться спад, у цей період концентрація CO₂ досягне позначки у 421 ppm.

Другий сценарій – менш оптимістичний RCP4.5. За цим сценарієм вважається, що пік викидів відбудеться близько 2040 році, а концентрація CO₂ сягне позначки у 538 ppm (парт пер мільйон або 5,38 проміле).

Третій сценарій – песимістичний RCP6.0. За цим сценарієм вважається, що пік викидів відбудеться близько 2080 році, а концентрація CO₂ сягне позначки у 670 ppm (6,7 проміле).

Четвертий сценарій – найбільш песимістичний RCP8.5. За цим сценарієм вважається, що викиди CO₂ продовжать рости протягом століть, а концентрація CO₂ досягне позначки у 936 ppm (парт пер мільйон або 9,36 проміле) [31].

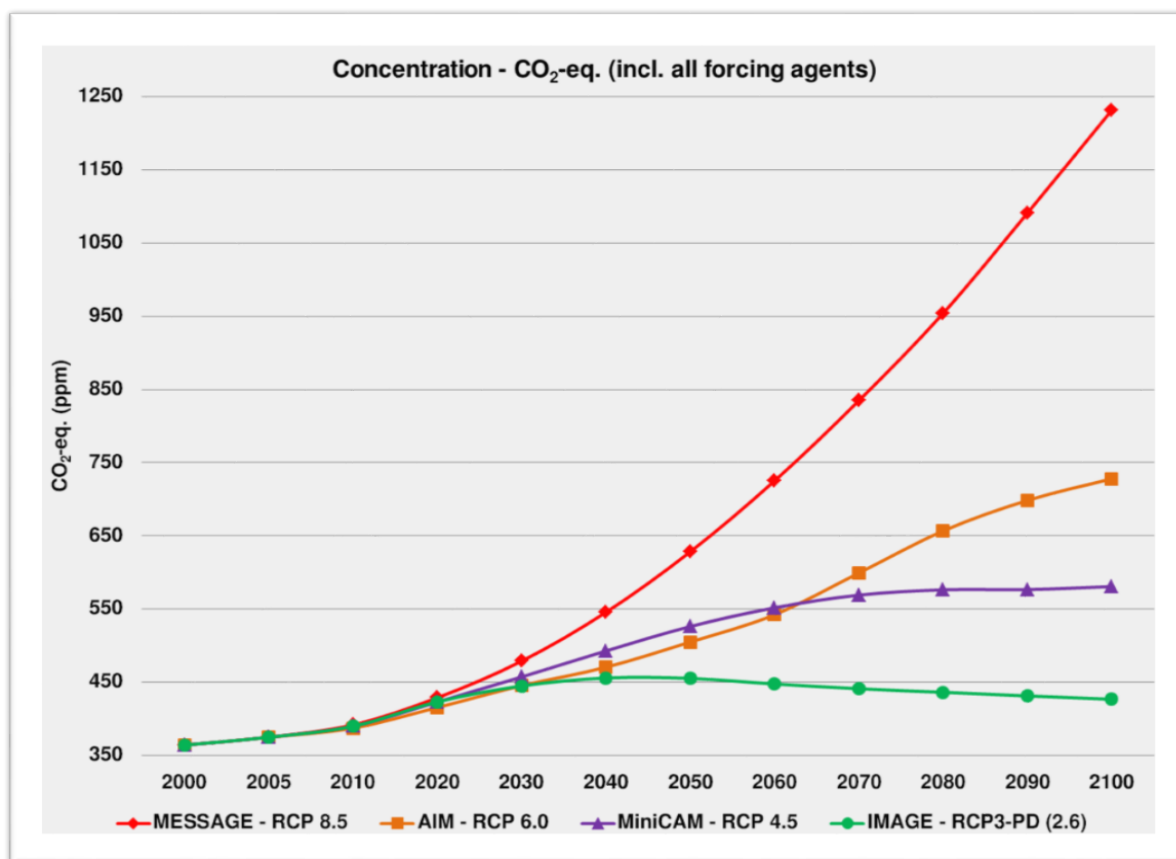


Рисунок 2.2 – Середні рівні концентрації CO₂ в атмосфері Землі за сценаріями зміни клімату

Наша модель розрахована за сценарієм RCP4.5. Для оцінки були визначені наступні показники: потенційна урожайність, метеорологічно можлива урожайність, дійсно можлива урожайність. Виконана оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, оцінка ступеню благоприємності кліматичних умов, оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, а також оцінка рівня культури землеробства.

3 ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ОЗИМОГО РІПАКУ

3.1 Базова модель оцінки умов формування врожаю озимого ріпаку

Програмування врожаїв є складним процесом, який повинен враховувати велику кількість факторів та умов життя рослин, та дозволить на науковій основі побудувати раціонально інтенсивні системи технології вирощування сільськогосподарських культур.

Теоретичною базою для розвитку програмування врожайності як самостійного наукового напрямку стали:

- поглиблення теорії фотосинтетичної продуктивності посівів [19];
- створення теорії, що дозволяє описати процес енерго- та масообміну в екологічній системі [28];
- прогресивне накопичення агрометеорологічної інформації, що дозволяє встановити кількісні зв'язки між рівнем урожайності сільськогосподарських культур і метеорологічними показниками [17].

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, яка покладена в основу нашого дослідження, заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга [27], результатів моделювання формування врожаю культур А.М. Польового [24-31]. Базова модель модифікована і адаптована стосовно до культури озимого ріпаку Н.В. Васалатій [9].

Модель оцінки агрокліматичних ресурсів культури озимого ріпаку має блочну структуру і містить вісім блоків:

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму;
- блок функцій впливу фази розвитку та метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;

- блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням;
- блок агроекологічних категорій урожайності. Враховуючи біологічні особливості культури озимого ріпаку, дозрівання якої проходить трьома етапами, нами моделюються три фази дозрівання зерна озимого ріпаку у китиці;
- блок дозрівання зерна; - блок розрахунку олійності зерна;- блок узагальнюючих оціночних характеристик. Розглянемо більш детально ці блоки.

Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі

Цей блок складається із даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить у собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики.

Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму

Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова [27]

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1} \quad (3.1)$$

де Q_o – сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню, кал/см²·доба;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – номер розрахункової декади;

A і B – проміжні характеристики, що визначаються в залежності від широти місцевості та схилення Сонця.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко [20]

$$E^j = \frac{2W^j + O_S^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_O^j}} \quad (3.2)$$

де E – сумарне випаровування, мм;

W_{HB} – найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см, мм;

O_S – сума опадів за декаду, мм;

W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм.

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація у нижні шари ґрунту

$$F_{ilt}^j = W^j + O_S^j - E^j - W_{HB} \quad (3.3)$$

де F_{ilt} – інфільтрація в нижні шари ґрунту за декаду, мм.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи використовується рівняння водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + O_S^j - E^j - F_{ilt}^j \quad (3.4)$$

Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин

В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища [20, 23]. Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу використовується формула

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \left[-a_{\Phi} \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right] \quad (3.5)$$

де величина α_{Φ} знаходиться за виразом

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^0}{(\sum t_1)^2} \quad (3.6)$$

де α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

α_{Φ}^0 – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

$\sum t_1$ – сума ефективних температур повітря від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

TS_2 – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1} \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases} \quad (3.7)$$

де ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу, відн. од.;

T – середньодекадна температура повітря, °С;

T_{Φ} – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез, °С;

T_{opt1} – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С;

T_{opt2} – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С

У рівнянні (3.7) проміжні величини знаходяться за формулами:

$$x_1^j = (T_s^j - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}) \quad (3.8)$$

$$x_2^j = (T_s^j - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j) \quad (3.9)$$

де T_{max} – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, °С;

T_s – температура повітря на горизонтальній поверхні, °C.

Значення нижньої і верхньої межі температурного оптимуму для фотосинтезу визначаються як функції часу.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез γ_ϕ знаходиться як

$$\gamma_\phi = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3, & \\ & \text{при } W^j > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (3.10)$$

де W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм;

W_{opt1} – нижня межа оптимальних запасів вологи, мм;

W_{opt2} – верхня межа оптимальних запасів вологи, мм.

$$x_3^j = W^j / W_{opt1}^j, \quad (3.11)$$

$$x_4^j = W^j / W_{opt2}^j. \quad (3.12)$$

Функція впливу вологозабезпеченості посівів розглядається як сполучення двох функцій. Враховується функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин (за даними про фактичні запаси вологи) і відношення сумарного випаровування посівів до випаровуваності

$$FW = \left(\gamma_\phi^j \cdot \frac{E^j}{E_0^j} \right)^{0,5}, \quad (3.13)$$

де FW – відносна вологозабезпеченість посівів, відн. од.

Аналогічно визначається узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості FTW_1 на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\psi_\Phi FW)^{0.5}. \quad (3.14)$$

До цієї функції вводиться корекція на рівень температури в сполученні з вологозабезпеченістю:

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1[1 + (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1[1 - (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} \quad (3.15)$$

Блок агроекологічних категорій урожайності

Визначення величини різних агроекологічних категорій урожайності здійснюється з врахуванням внесених модифікацій, із залученням більш повної інформації і наповненням цих категорій новим змістом.

Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ΦAP) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації [33]

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_\Phi^j \frac{\eta \cdot Q_{\Phi AP}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (3.16)$$

де $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

α_Φ – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

η – ККД посівів, відн. од.;

$Q_{\Phi AP}$ – середньодекадна за добу сума ΦAP , кал/см² добу;

q – калорійність, кал/г.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (3.17)$$

де $\frac{\Delta MMU}{\Delta t}$ – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси

за декаду, г/м²;

FTW_2 – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од.

Формування дійсно-можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту [25]

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (3.18)$$

де $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$ – приріст дійсно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду,

г/м²;

B_{nl} – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня [34] господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (3.19)$$

де $\frac{\Delta УВ}{\Delta t}$ – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м²;

$k_{земл}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.;

FWM_{ef} – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Різні агроекологічні категорії урожаю зерна при його стандартній 14 % -ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ_{зерна}^i = k_{дозр}^i ПУ \cdot K_{зосп.}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.20)$$

де $ПУ_{зерна}^i$ – потенційний урожай зерна, який формується за i -ту фазу дозрівання зерна в китиці, ц/га;

$K_{зосп.}^{ПУ}$ – частка зерна в загальній масі потенційного врожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий $ММУ_{зерна}$, дійсно-можливий $ДМУ_{зерна}$ і врожай у виробництві $УВ_{зерна}$ зерна.

Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроекологічних категорій урожайності ($ПУ$, $ММУ$, $ДМУ$, $УВ$), а також їхніх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур [37].

Розглянемо дві узагальнені характеристики:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої урожайності і потенційної урожайності

$$K_m = ММУ_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (3.21)$$

де K_m – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн. од.

2. Сприятливість ґрунтових умов [22] показує відношення-дійсно можливої урожайності до метеорологічно-можливої урожайності

$$K_2 = ДМУ_{зерна} / ММУ_{зерна}, \quad (3.22)$$

де K_2 – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

Підвищення рівня $УВ_{зерна}$ і доведення його до $ДМУ_{зерна}$ вимагає ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговою задачею програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різноманітних господарських факторів, які знаходяться у мінімумі.

Наближення $ДМУ_{зерна}$ до $ММУ_{зерна}$ вимагає виконання різноманітних заходів для підвищення родючості ґрунту. Різниця між $ММУ_{зерна}$ і $ПУ_{зерна}$ компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів і культур, що краще пристосовані до особливостей конкретного клімату [24]. Підвищення рівня $ПУ_{зерна}$ забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації [26].

3.2 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі

Для виконання розрахунків за моделлю був підготовлений банк даних середньобагаторічної агрометеорологічну інформацію за еталонний період 1990 - 2010 роки та за сценарієм RSP4.5 для території Північного Причорномор'я.

ВХІДНА ІНФОРМАЦІЯ

Північне Причорномор'я 1991-2010

- Середня за декаду температура повітря (°C)
- Середня за декаду кількість годин сонячного сяйва
- Сума опадів за декаду (мм)
- Середня за декаду відносна вологість повітря (%)
- Середній за декаду дефіцит вологості повітря (мб)
- Кількість днів у розрахунковій декаді:

Масив " inf" – параметри моделі

0001.000 05.000 1040.000 024.300 0000.046 0003.500 000.400 014.000 00.610
 0000.25 0000.035 0001.000 0001.2 0000.85 0003.000 00.150 0028.000 0380.000
 0001.000 0006.500 0018.000

Опис масиву inf(i):

inf(1) - код культури;

inf(2) - біологічний нуль культури

inf(3) - сума ефективних температур вище біологічного нуля від відновлення
 вегетації до дозрівання

inf(4) середній із максимальних врожаїв по регіону, ц/га

inf(5) - KPD,

inf(6) - калорійність

inf(7) - Kхоз, відн. од.

inf(8) - % вологості господарської частини урожаю

inf(9) - бал ґрунтової плодючості, відн. од.

inf(10) - Kgum - коефіцієнт гуміфікації рослинних рештків

inf(11) - K_N-v - відносний винос азоту з урожаєм з урахуванням побочної
 продукції

inf(12) - Pn - тип ґрунту за механічним складом

inf(13) - Pk - поправочний коефіцієнт до культур

inf(14) - доля надземної частини в загальній масі урожаю (надземна+підземна)

inf(15) - код району

inf(16) - доля листя в надземній масі

inf(17) - температура за якої припиняється фотосинтез

inf(18) - концентрація CO₂: *sovremennaj* =380 ppm,

inf(19) - номер року посадки

inf(20) - питома поверхнева площа листя

inf(21) - оптимальна температура для фотосинтезу

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ОЗИМОГО РІПАКУ У ПІВНІЧНОМУ ПРИЧОРНОМОР'І

4.1 Моделювання та оцінка впливу кліматичних змін на умови росту озимого ріпаку у весняно-літній період вегетації

Моделювання та оцінка впливу кліматичних змін на умови росту та розвитку озимого ріпаку в весняно-літній період вегетації відносно території Північного Причорномор'я України виконано із застосуванням базової моделі А. М. Польового [29, 30], яка модифікована і адаптована стосовно культури озимого ріпаку Н.В. Васалатій [25]. Розрахунки проводилися за такими кліматичними періодами: з 1991 по 2010 рр. (базовий період); з 2021-2030 рр. 2031-2040 рр. та 2041-2050 рр. (за сценарієм RCP4.5).

Чисельні експерименти виконувались, базуючись на даних середніх багаторічних спостережень із агрокліматичних довідників. Результати проведених чисельних експериментів занесені у додаток А.

З одержаних чисельних експериментів встановлено, що сезонне відновлення вегетації на весні озимого ріпаку починається за середніми багаторічними даними у другій декаді березня. У перший та другий сценарний період відновлення вегетації на весні озимого ріпаку починається у першій декаді квітня, а у третьому сценарному періоді – у третій декаді березня (табл. 4.1).

Середня за даний вегетаційний період температура повітря становила 16,2 °С. В сценарні періоди, середня температура повітря, очікується близькою до середньобагаторічного показнику та складе 15,6 °С у першому, 15,4 °С у другому та 16,2 °С у третьому сценарному періоді (табл. 4.1).

Середньобагаторічна сума опадів за даний період вегетації складає 165 мм, вологозабезпеченість культури становить 0,43 та коефіцієнт

зволоження ГТК=0,81. За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується незначне зменшення суми опадів: 105 мм – у першому, 145 мм – другому, 118 мм – у третьому сценарному періоді в порівнянні з середньобагаторічними даними (табл. 4.1).

Сумарне випаровування за багаторічний період становить 165 мм. За сценарієм RCP4.5 очікується зменшення показнику сумарного випаровування. Так у першому сценарному періоді сумарне випаровування прогнозується на рівні 105 мм, у другому 145 мм, та у третьому 118 мм (табл. 4.1).

Випаровуваність за багаторічний період становить 886 мм. За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення показнику випаровуваності. Так у першому сценарному періоді випаровуваність прогнозується на рівні 1008 мм, у другому 942 мм, та у третьому 1005 мм (табл. 4.1).

Очікується значне погіршення умов вологозабезпечення рослин, особливо у першому та третьому сценарному періоді. При цьому вологозабезпеченість вегетаційного періоду зменшиться приблизно на 25%: у першому сценарному періоді становитиме – 0,27 відн. од.; у другому – 0,29 відн. од.; у третьому – 0,28 відн. од. Зменшиться величина ГТК до 0,6-0,52 відн. од. (табл. 4.1).

Прихід ФАР за період відновлення вегетація – повна стиглість озимого ріпаку за середніми багаторічними даними складає 195,8 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення приходу ФАР. Так у першому сценарному періоді, значення ФАР прогнозується на рівні 231,5 кДж/см²; у другому до 233,8 кДж/см²; та у третьому до 225,4 кДж/см² (табл. 4.1).

На основі середньобагаторічних даних спостережень було виконане моделювання впливу кліматичних змін на динаміку фотосинтетичної продуктивності рослин озимого ріпаку у весняно літній період вегетації в порівнянні з середньобагаторічними умовами та сценарієм зміни клімату RCP4.5 (табл. 4.2).

Таблиця 4.1 – Агрометеорологічні умови вегетації озимого ріпаку в Північному Причорномор'ї в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за період відновлення вегетації – повна стиглість)

Період, сценарій	Дата початку вегетації	Середня температура повітря за період, °C	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологосабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	19.03	16,2	165	389	886	0,43	0,81	195,8
RCP4.5:								
2021–2030	02.04	15,6	105	283	1008	0,27	0,60	231,5
2031–2040	03.04	15,4	145	281	942	0,29	0,52	233,8
2041–2050	29.03	16,0	118	288	1005	0,28	0,53	225,4

Таблиця 4.2 – Декадна динаміка фотосинтетичної продуктивності рослин озимого ріпаку у весняно літній період вегетації в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за період відновлення вегетації – повна стиглість)

Декади вегетації	Чиста продуктивність Багаторічна	Площа листя, Багаторічна	Фотосинтетичний потенціал за декаду, Багаторічний	Чиста продуктивність. 21-30	Площа листя. 21-30	Фотосинтетичний потенціал за декаду. 21-30	Чиста продуктивність. 31-40	Площа листя. 31-40	Фотосинтетичний потенціал за декаду. 31-40	Чиста продуктивність. 41-50	Площа листя. 41-50	Фотосинтетичний потенціал за декаду. 41-50
3.03	159,16	0,216	4,4	216,54	0,198	4	232,85	0,223	4,8	234,75	0,22	2,2
1.04	151,03	0,3	7,4	229,99	0,311	7,1	225,06	0,248	7,3	243,19	0,237	4,6
2.04	92,25	0,722	14,6	109,87	0,596	13	114,32	0,653	13,8	146,66	0,639	11
3.04	52,18	1,982	34,4	56,38	1,903	32,1	53,72	2,224	36	57,94	1,844	29,4
1.05	2,41	3,955	74,4	33,58	4,302	75,3	34,01	4,614	82,2	32,13	3,909	68,5
2.05	29,73	5,475	134,6	29,81	4,94	129,6	31,39	5,725	145,2	32,33	5,735	131,6
3.05	23,61	4,883	183,4	27,92	4,899	178,6	20,99	6,154	206,7	30,74	5,704	188,6
1.06	31,66	3,972	223,1	28,05	3,389	212,5	34,9	5,042	257,1	34,15	4,164	230,2
2.06	39,64	1,97	241	35,28	2,017	232,7	39,55	2,868	285,8	34,96	1,842	248,7
3.06	0	0,007	241,1	0	0,007	232,7	0	0	0,005	0	0,006	248,7

Відносна площа листової поверхні, при середніх багаторічних умовах на початок відновлення вегетації складатиме $0,216 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та досягне свого максимального значення у шосту декаду вегетації - $5,475 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Далі починається поступове зменшення площі листової поверхні, та починаючи з червня місяця цей процес набирає стрімких обертів і в середині другої декади цього місяця рослини повністю втрачають листя (рис. 4.1).

У першому сценарному періоді на початок відновлення вегетації відносна площа листової поверхні складатиме $0,198 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та досягне свого максимального значення у шосту декаду вегетації - $4,899 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Далі починається поступове зменшення площі листової поверхні (рис. 4.1).

У другому сценарному періоді на початок відновлення вегетації відносна площа листової поверхні складатиме $0,222 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та досягне свого максимального значення у шосту декаду вегетації - $6,154 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Далі починається поступове зменшення площі листової поверхні (рис. 4.1).

У третьому сценарному періоді на початок відновлення вегетації відносна площа листової поверхні складатиме $0,223 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та досягне свого максимального значення у шосту декаду вегетації - $5,735 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Далі починається поступове зменшення площі листової поверхні (рис. 4.1).

Наявність даних щодо площі листової асиміляційної поверхні та урожаю сухої біомаси дозволяє нам розрахувати величину чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ).

Даний показник характеризує інтенсивність фотосинтезу посіву та являє собою кількість сухої маси рослин в грамах, яку синтезує 1 м^2 листової поверхні за добу [31].

Чиста продуктивність фотосинтезу розраховується за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{U_{c1} - U_{c2}}{0,5(L_1 + L_2)T} \quad (4.1)$$

де U_{c1} і U_{c2} – біомаса рослин в досліджуваній стадії розвитку, $\text{г}/(\text{м}^2 \text{ дек})$;

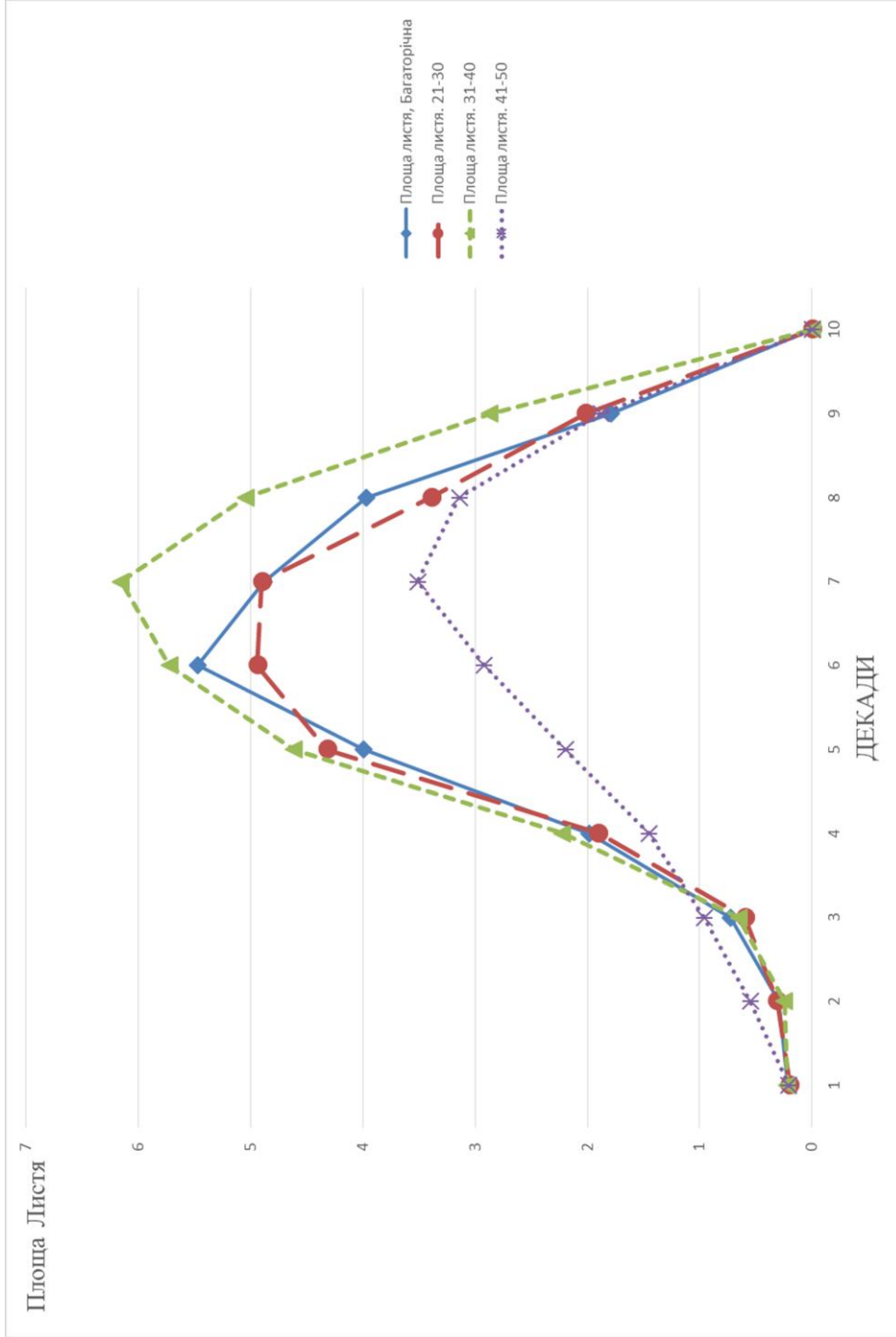


Рисунок 4.1 – Динаміка відносної площі листкової поверхні (L) рослин озимого ріпаку по декадах у весняно-літній період вегетації в порівнянні середніх багаторічних значень і за сценарієм (RCP4.5).

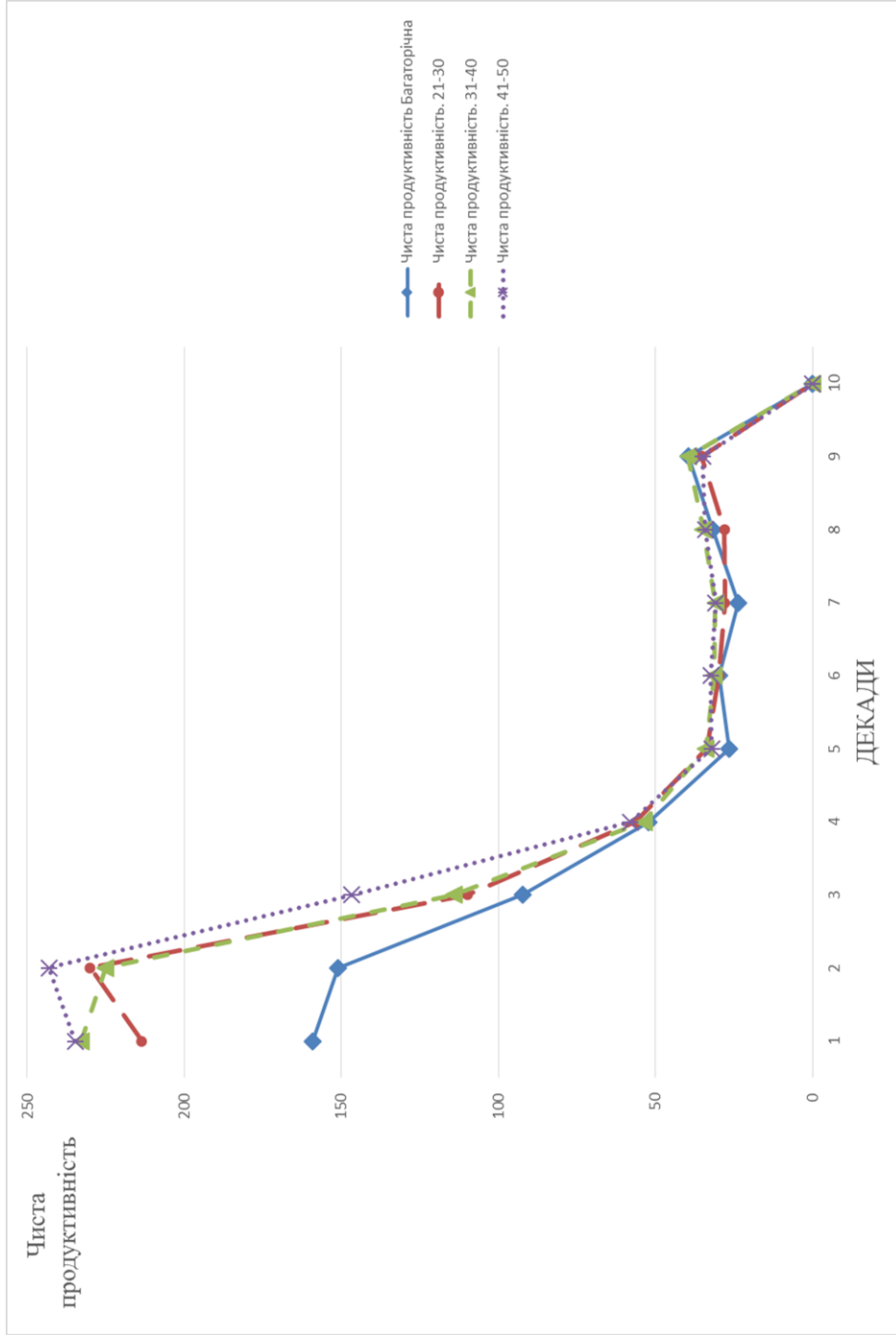


Рисунок 4.2 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) озимого ріпаку у весняно-літній період вегетації в порівнянні середніх багаторічних значень і за сценарієм(RSP4.5)

L_1 і L_2 – площа листової поверхні в досліджуваній стадії розвитку ($\text{м}^2/\text{га}$);
 T – кількість днів в декаді.

Аналізуючи дані табл. 4.2, видно, що на початку відновлення вегетації ЧПФ має найвищі значення в першу та другу декаду оскільки рослини не затіняють одна одну. Надалі, зі збільшенням площі листової поверхні, ЧПФ починає зменшуватися у зв'язку з погіршенням умов освітленості нижнього листа.

Так, ЧПФ за багаторічний період в першій декаді після відновлення вегетації, має максимальне значення, та становить $159,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$. У першому сценарному періоді в першій декаді після відновлення вегетації прогнозується на рівні $216,5 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$, максимальне значення в другій декаді – $230,0 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$. Надалі ЧФП поступово зменшується. У другому сценарному періоді в першій декаді після відновлення вегетації прогнозується максимальне значення – $233,0 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$. Надалі значення ЧФП поступово зменшується. У третьому сценарному періоді в першій декаді після відновлення вегетації прогнозується на рівні $234,8 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$, максимальне значення в другій декаді – $243,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дек})$. Надалі значення ЧФП поступово зменшується (рис. 4.2).

Фотосинтетичний потенціал посіву розраховують, виходячи з суми величини площі листової поверхні на один гектар посіву за кожен день впродовж усього вегетаційного періоду.

Так, при середніх багаторічних умовах на початок відновлення вегетації фотосинтетичний потенціал складатиме $4,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та зростатиме впродовж усього вегетаційного періоду досягає максимального значення у десятій декаді – $241,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 4.3).

У першому сценарному періоді на початок відновлення вегетації фотосинтетичний потенціал складатиме $4,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та зростатиме впродовж усього вегетаційного періоду до свого максимального значення у десятій декаді – $232,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 4.3).

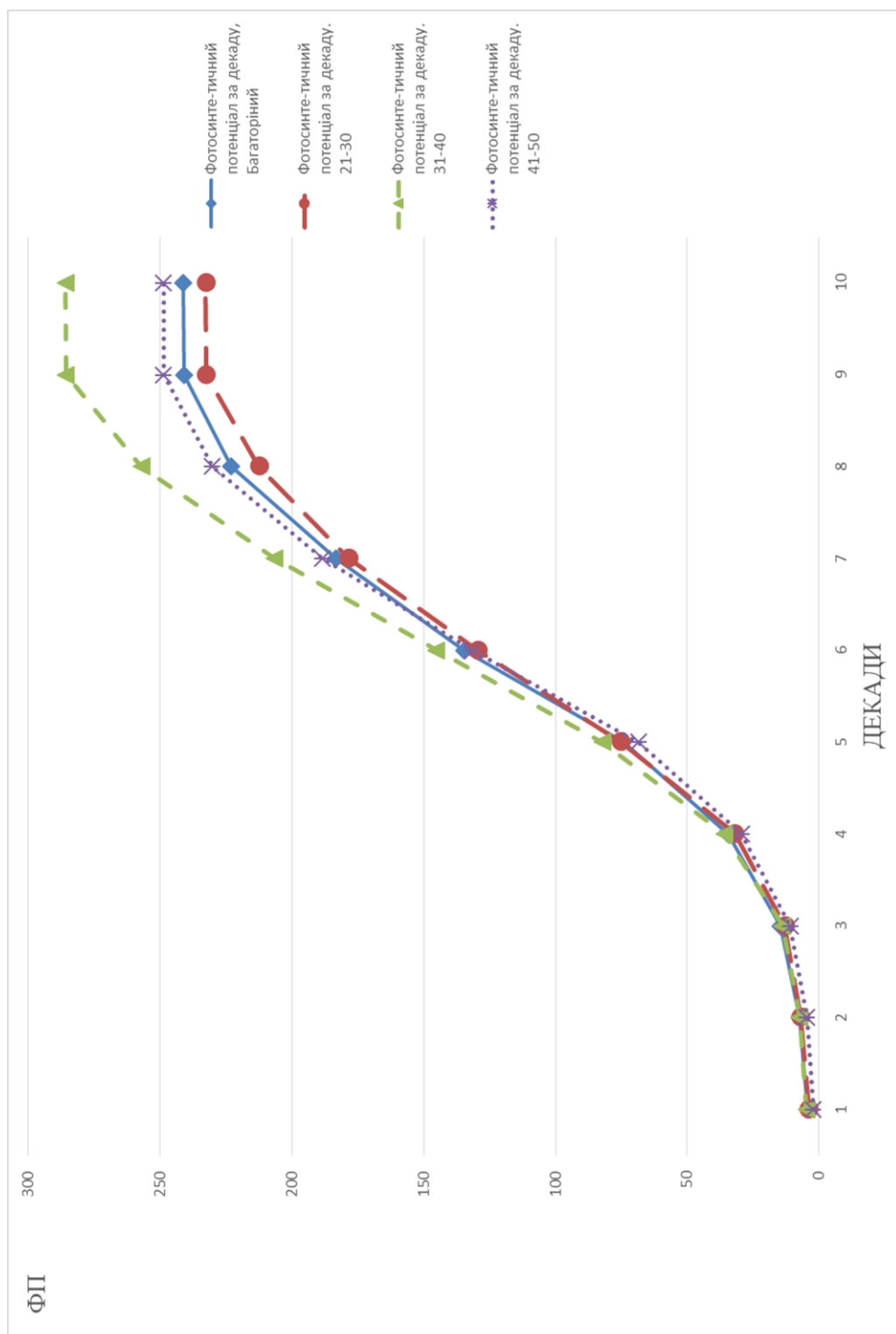


Рисунок 4.3 – Динаміка фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку за весняно-літній період вегетації

У другому сценарному періоді на початок відновлення вегетації фотосинтетичний потенціал складатиме $4,8\text{ м}^2/\text{м}^2$ та зростатиме впродовж всього вегетаційного періоду до свого максимального значення у дев'ятій декаді – 285,8 (рис. 4.3.).

У третьому сценарному періоді на початок відновлення вегетації фотосинтетичний потенціал складатиме $2,2\text{ м}^2/\text{м}^2$ та зростатиме впродовж всього вегетаційного періоду до свого максимального значення у десятій декаді – $248,7\text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 4.3.).

4.2 Формування агроекологічних рівнів урожайності озимого ріпаку в умовах змін клімату

На основі чисельних експериментів виконане моделювання впливу агрокліматичних умов території Північного Причорномор'я на динаміку приростів еталонних врожаїв озимого ріпаку за середній багаторічний період з 1991-2010 рр. (табл. А.1) та змодельовані агрокліматичні умови формування агроекологічних категорій урожайності озимого ріпаку у весняно - літній період вегетації за сценарними періодами: з 2021-2030 рр., з 2031-2040 рр., та з 2041-2050 рр.. (табл. А.2 - А.4).

За результатами розрахунків побудовані графіки динаміки інтенсивності ФАР та декадних приростів ПУ; динаміки приростів ММУ в залежності від середньої температури повітря та динаміки приростів випаровуваності, сумарного випаровування та вологозабезпеченості за багаторічний період та кожен сценарний період.

Динаміка приростів випаровуваності (E , мм), сумарного випаровування (E_0) та вологозабезпеченості на території Північного Причорномор'я за багаторічний період зображена на рис. 4.4. Так, сумарне випаровування (E) в фазу відновлення вегетації, складає 10,5 мм. Далі плавно зростає до показника 27,8 мм у кінці активної вегетації.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетаційного періоду озимого ріпаку становить 19,5 мм, плавно зростає до максимального показника 58,5 мм у десятій декаді. Вологозабезпеченість посівів у фазу відновлення вегетації склала 0,54 відн. од. досягнувши мінімального значення у 5й декаді 0,35 відн. од. демонструє різке зростання у 6й декаді до 0,5 відн. од.. Після чого до кінця періоду активної вегетації коливання не значні. На кінець вегетації вологозабезпеченість досягає максимального значення у 0,48 відн. од.

Показники вологозабезпеченості за перший сценарний період зображені на рис. 4.5. Так, сумарне випаровування (E) в фазу відновлення вегетації, складає 6,4 мм. Далі плавно зростає до показника 19,3 мм у восьмій декаді, у дев'ятій декаді показник просідає до позначки у 12,7 мм, та зростає у десятій декаді до значення 19,4 мм. Випаровуваність (E_0) на початку вегетаційного періоду озимого ріпаку становить 17,6 мм, плавно зростає до максимального показника 58,4 мм у дев'ятій декаді, далі знижуючись до значення 58,3 мм. Вологозабезпеченість посівів у фазу відновлення вегетації склала 0,37 відн. од., мінімального значення прогнозується у 8й декаді - 0,21 відн. од.. У десятій декаді значення вологозабезпечення 0,33 відн. од..

Показники вологозабезпеченості за другий сценарний період зображені на рис. 4.6. Сумарне випаровування (E) в фазу відновлення вегетації, складає 10,1 мм. Далі плавно зростає до показника 26 мм у восьмій декаді, надалі знижуючись до значення 9 мм у десятій декаді. Мінімальне значення прогнозується у другій декаді – 7,3 мм. Випаровуваність (E_0) на початку вегетаційного періоду озимого ріпаку становить 16,2 мм, надалі демонструє тенденцію до зростання та досягає максимального показника 68,4 мм у десятій декаді. Вологозабезпеченість посівів у фазу відновлення вегетації склала 0,63 відн. од., мінімального значення прогнозується у 10й декаді - 0,13 відн. од.

Показники вологозабезпеченості за третій сценарний період зображені на рис. 4.7. Сумарне випаровування (E) в фазу відновлення вегетації, складає

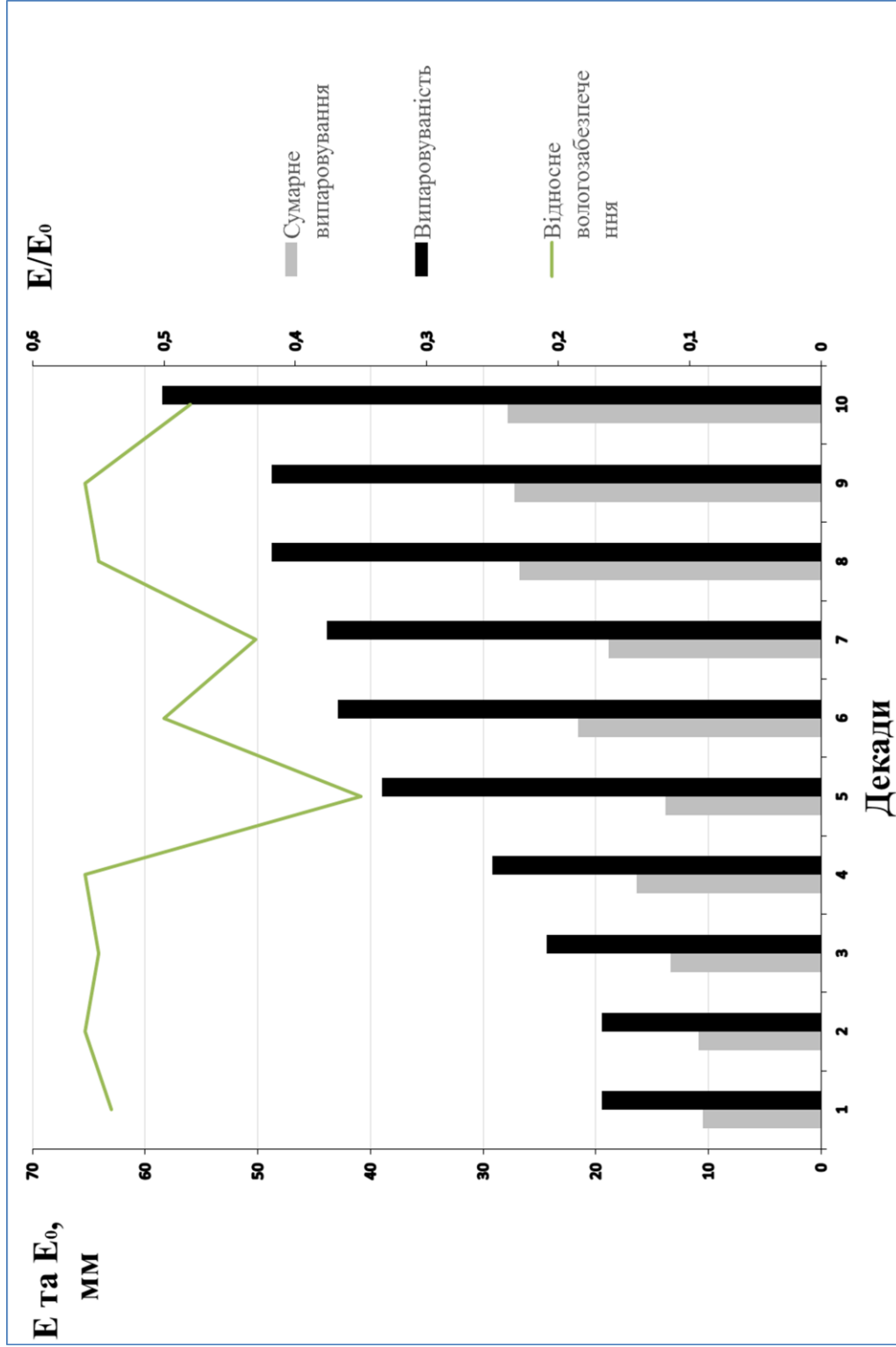


Рисунок 4.4 – Динаміка випаровуваності (E, мм), сумарного випаровування (E₀) та вологозабезпеченості на території Північного Причорномор'я за період 1991-2010 рр.

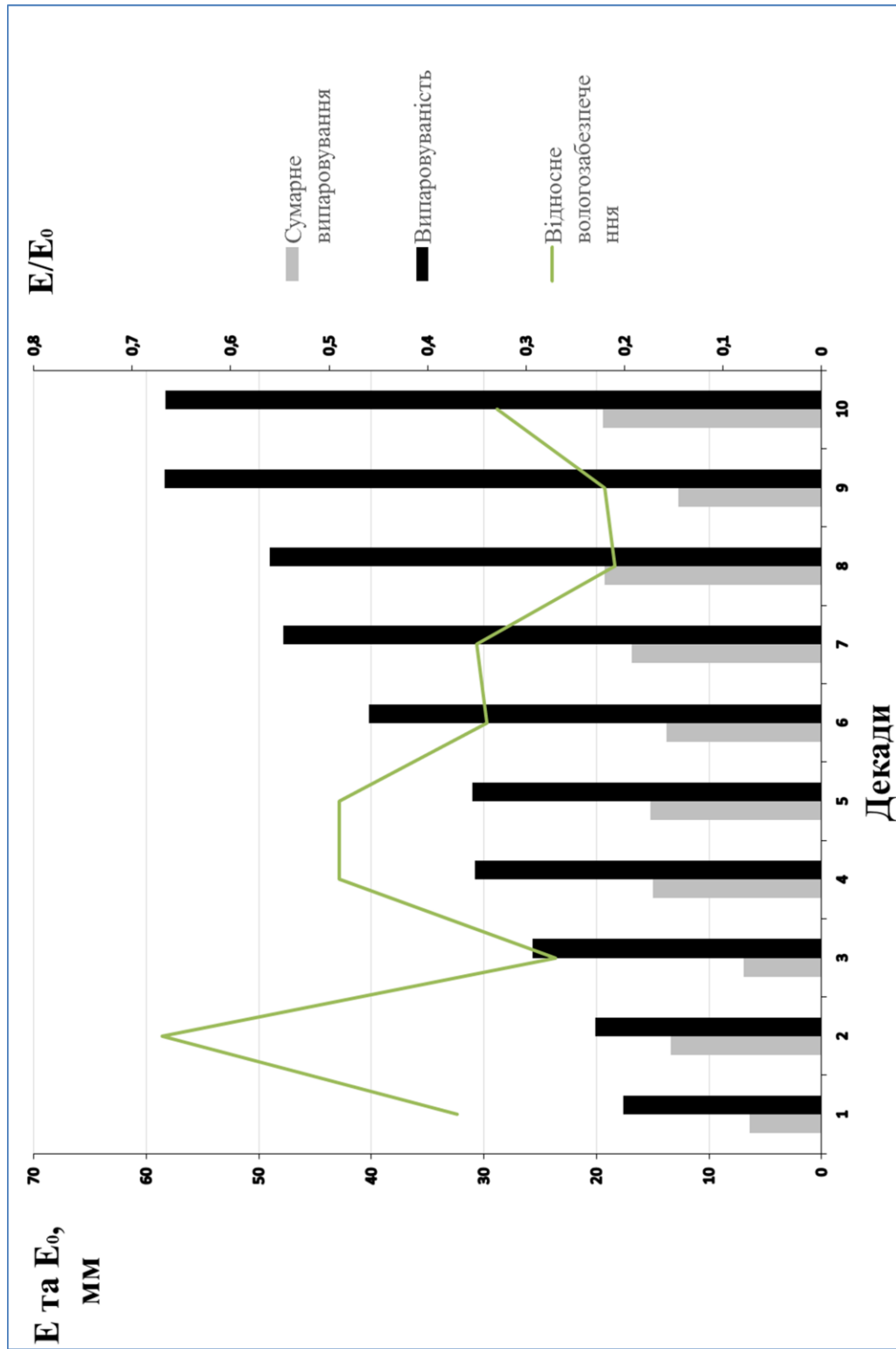


Рисунок 4.5 – Динаміка приростів випаровуваності (E, мм), сумарного випаровування (E₀) та вологозабезпеченості на території Північного Причорномор'я за період 2021 - 2030 рр.

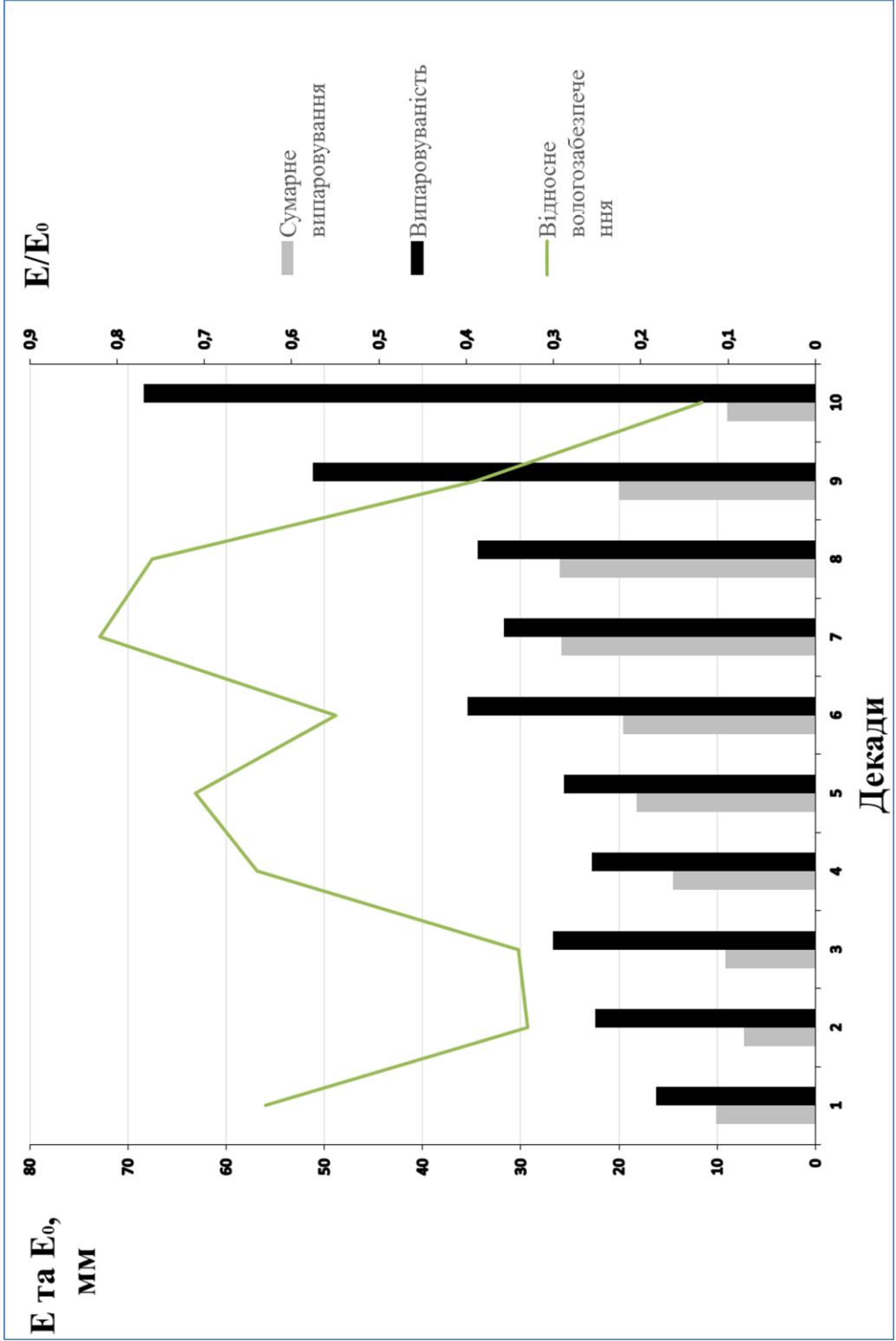


Рисунок 4.6 – Динаміка приростів випаровуваності (E, мм), сумарного випаровування (E₀) та вологозабезпеченості на території Північного Причорномор'я за період 2031 - 2040 рр.

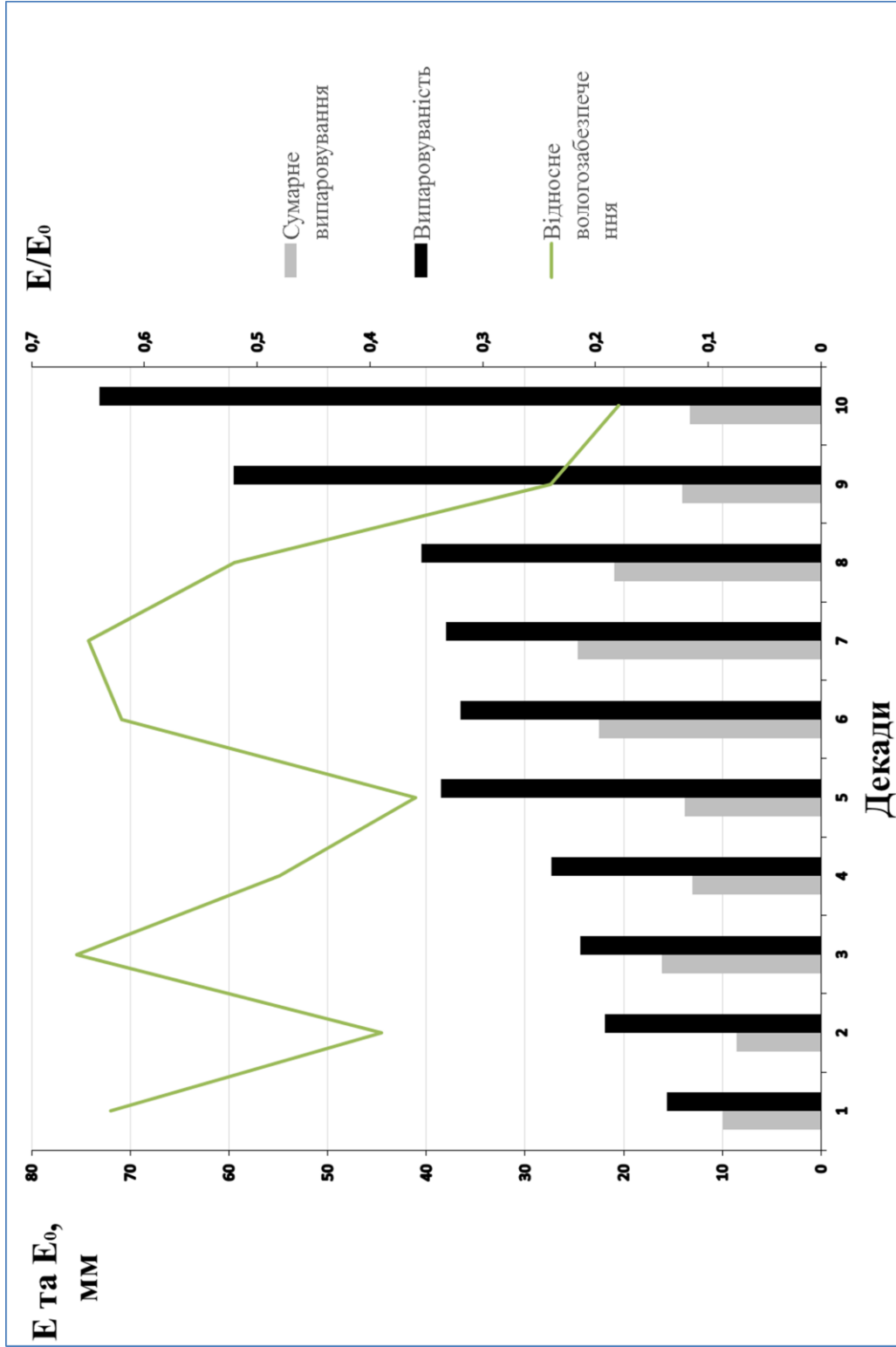


Рисунок 4.7 – Динаміка приростів випаровуваності (E , мм), сумарного випаровування (E_0) та вологозабезпеченості на території Північного Причорномор'я за період 2041 - 2050 рр.

знижуючись до значення 13,3 мм у десятій декаді. Мінімальне значення прогнозується у другій декаді на рівні 8,6 мм. Випаровуваність (E_0) на початку вегетаційного періоду озимого ріпаку становить 15,6 мм, надалі демонструє тенденцію до зростання та досягає максимального показника 73,1 мм у десятій декаді. Вологозабезпеченість посівів у фазу відновлення вегетації склала 0,63 відн. од., мінімального значення прогнозується у 10-ій декаді - 0,18 відн. од.

Формування потенційної урожайності озимого ріпаку. Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ΦAP), коефіцієнту її використання і вмісту вуглекислого газу в атмосфері, а також біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації.

З одержаних результатів бачимо, що за багаторічний період мінімальне значення ΦAP має місце у першій декаді відновлення вегетації у весняний період і складає 152,1 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$) поступово збільшуючись до набуття свого максимального значення у десятій декадах 274,7 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$)(рис. 4.8).

У першому сценарному періоді мінімальне значення ΦAP у першій декаді та складає 229,3 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$) поступово збільшуючись до набуття свого максимального значення у дев'ятій декаді 320 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$), та надалі знижується до позначки у 298,3 у десятій декаді (рис. 4.9). У другому сценарному періоді мінімальне значення ΦAP у першій декаді та складає 216,4 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$) поступово збільшуючись до набуття свого максимального значення у 333,6 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$) у десятій декаді (рис. 4.10). У третьому сценарному періоді мінімальне значення ΦAP у першій декаді та складає 220,9 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$) поступово збільшуючись до набуття свого максимального значення у десятій декаді 322,1 кал/($\text{см}^2 \cdot \text{добу}$)(рис. 4.11).

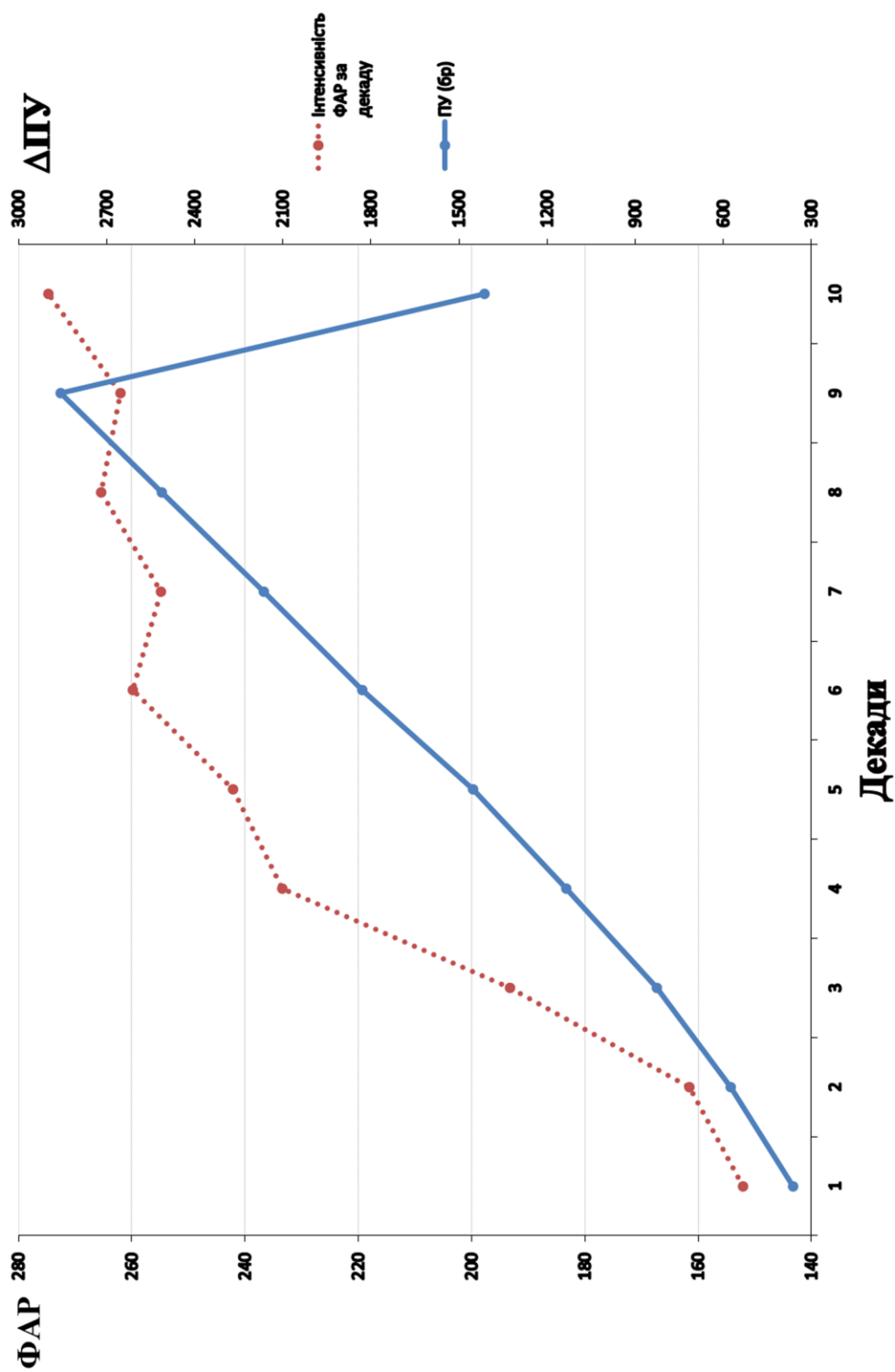


Рисунок 4.8 – Динаміка інтенсивності ФАР (ккал/(см²·доба)) та декадних приростів ПУ (г/м²) на території Північного Причорномор'я за період 1991 - 2010 рр.

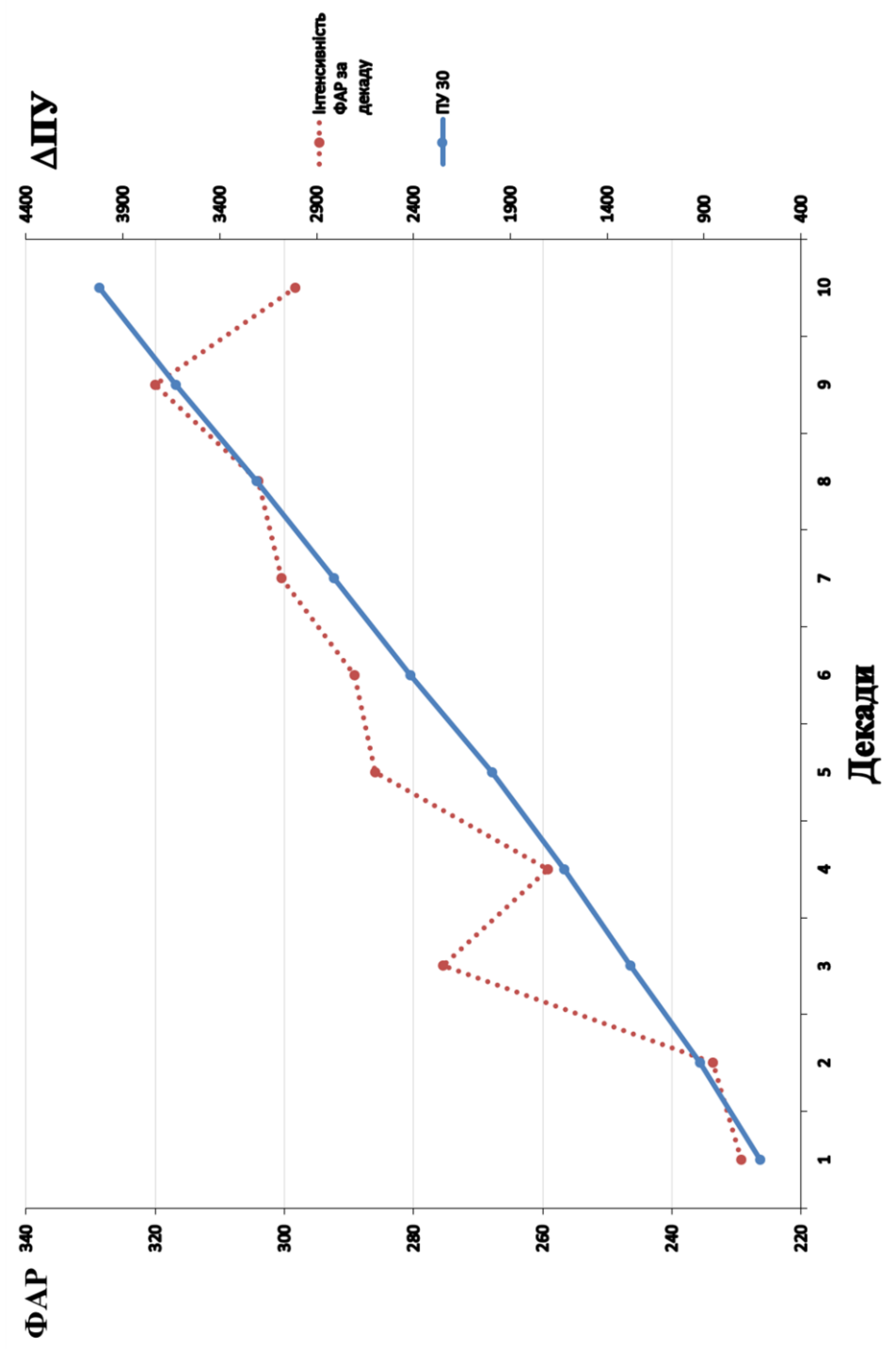


Рисунок 4.9 – Динаміка інтенсивності ФАР (кал/(см² доба)) та декадних приростів ПУ (г/м²) на території Північного Причорномор'я за період 2021 - 2030 рр.

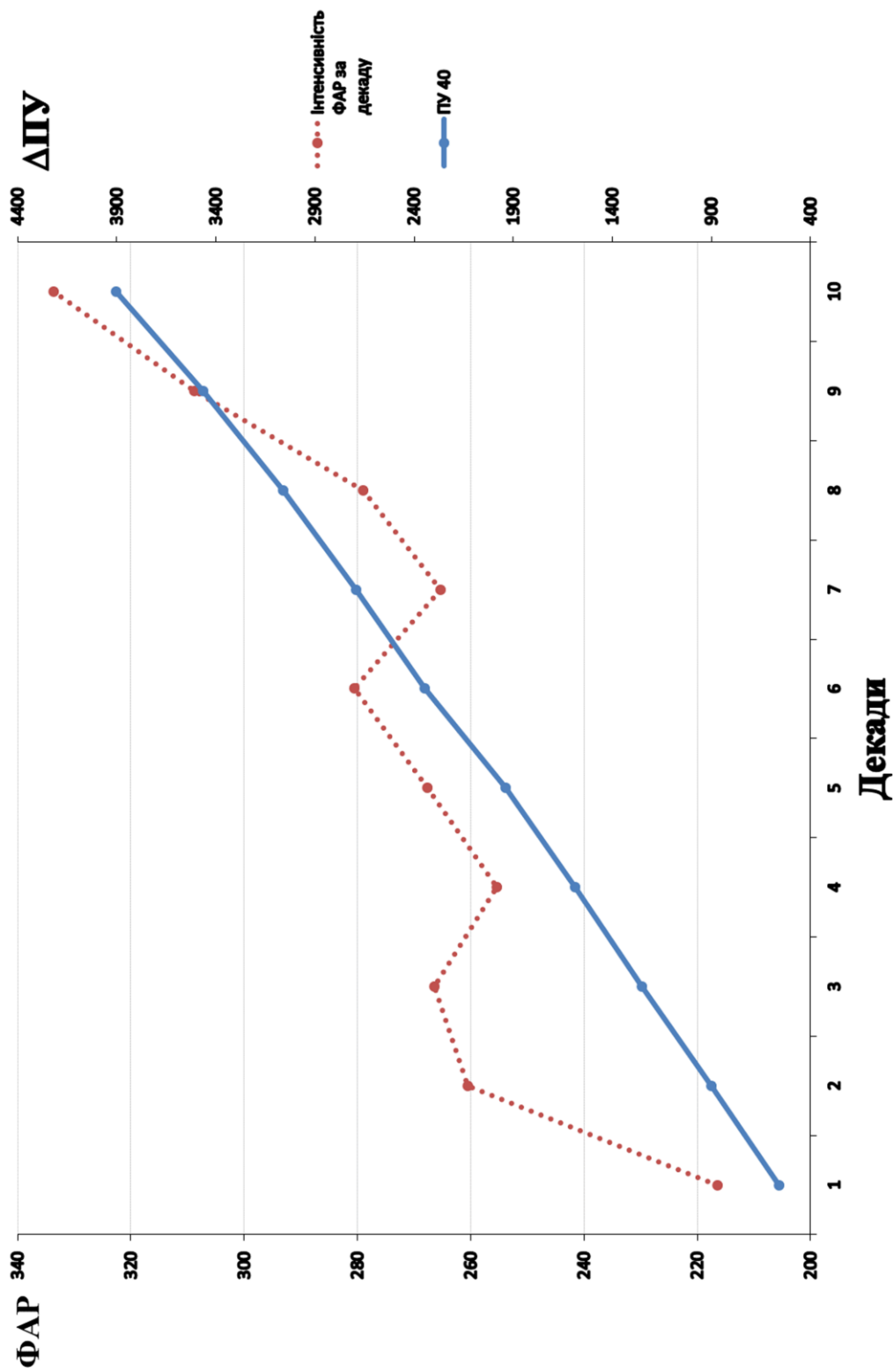


Рисунок 4.10 – Динаміка інтенсивності ФАР (ккал/(см²·доба)) та декадних приростів ПУ (г/м²) на території Північного Причорномор'я за період 2031 - 2040 рр.

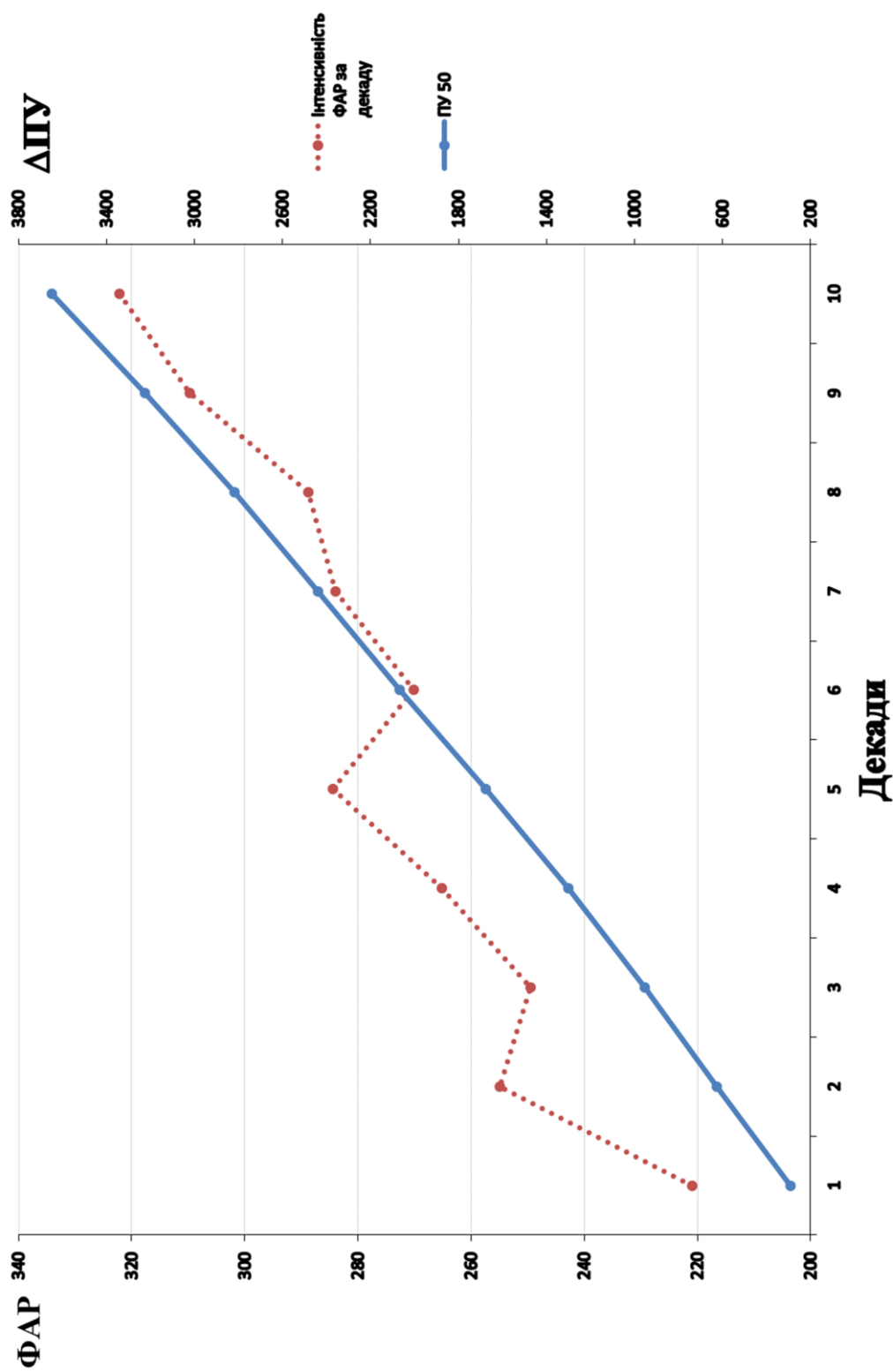


Рисунок 4.11 – Динаміка інтенсивності ФАР (кал/см²·доба) та декадних приростів ПУ (г/м²) на території Північного Причорномор'я за період 2041 – 2050 рр.

Встановлено, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший та другий сценарний періоди повністю співпадає з базовою. Таким чином, збільшення приростів ПУ порівняно з базовим варіантом, відбуватиметься лише за рахунок збільшення концентрації CO₂ в атмосфері з 380ppm до 470 ppm у другому періоді та 520 ppm в третьому.

Описуючи хід приростів ПУ за базовим періодом, можна сказати що починаючи з першої декади ми спостерігаємо стрімкий ріст показників з позначки 361,4 г/м² за декаду до максимального значення у дев'ятій декаді 2856,7 г/м² та зниженням до 1414,5 г/м² у десятій декаді (рис. 4.8).

У першому сценарному періоді хід приростів ПУ має мінімальне значення 613,5 г/м² у першій декаді та зростає до максимального значення у 4021,7 г/м² у десятій декаді (рис. 4.9). У другому сценарному періоді ПУ має мінімальне значення 559,3 г/м² у першій декаді та зростає упродовж всього періоду вегетації до максимального значення у 3904,8 г/м² у десятій декаді (рис. 4.10). Хід приростів ПУ у третьому сценарному періоді має мінімальне значення 290,3 г/м² у першій декаді та зростає упродовж всього періоду вегетації до максимального значення у 3649,6 г/м² у десятій декаді (рис. 4.11).

Рівень приросту ПУ лімітується фактором тепла та вологи. Ці два фактори визначають рівень наступної агроекологічної категорії урожайності – метеорологічно-можливий урожай (ММУ).

Формування метеорологічно-можливої урожайності озимого ріпаку. Як видно з (рис. 4.12) за багаторічний період у першій декаді вегетації приріст ММУ складає 96,2 г/м²дек. Далі крива демонструє подальше зростання до свого максимуму у точці 266,6 г/м²дек. Надалі спостерігається спад і на кінець вегетаційного періоду озимого ріпаку даний показник становить 14,3 г/м²дек.

У першому сценарному періоді значення метеорологічно-можливої урожайності озимого ріпаку зображено на рисунку 4.13. Так у першій декаді вегетації значення ММУ складає 132,4 г/м²дек. Далі крива зростає до свого максимального значення 1540,7 г/м²дек у десятій декаді. У другому

сценарному періоді (рис. 4.14) в першу декаду відновлення вегетації значення ММУ становить 174,8 г/м²дек. і зростає протягом всього періоду вегетації досягаючи значення 1956,7 г/м²дек. у десятій декаді. В третьому сценарному періоді на початку відновлення вегетації значення ММУ становить 84,6 г/м²дек. а в кінці – 1661 г/м²дек. (рис. 4.15).

Хід середньодекадних температур за багаторічний період (рис.4.12) середньодекадна температура повітря (T_{cp}) у фазу відновлення вегетації становить 8,3°C, далі, на протязі вегетаційного періоду, даний показник плавно зростає до позначки 22,6 °C у кінці вегетаційного періоду.

В першому сценарному періоді T_{cp} у першій декаді становить 7,8 °C, а в останній 21,8 °C (рис. 4.13). В другому сценарному періоді на початку відновлення вегетації T_{cp} становить 7,56°C у першу декаду, а в десятій декаді T_{cp} становить 23,1 °C (рис. 4.14). Описуючи значення T_{cp} у третьому сценарному періоді можна сказати що у першу декаду відновлення вегетації значення становить 7,27 °C, а в десятій декаді значення T_{cp} (рис. 4.15) становитиме 22,9 °C.

Динаміка приростів ДМУ наростаючим підсумком за багаторічний та сценарні періоди представлена на (рис. 4.16). Описуючи прирости ДМУ можна зазначити, що величини приросту даного показника за багаторічний період, у фазі відновлення вегетації в першій декаді вже складає 58,7 г/м²дек. В той же час, у першому сценарному періоді значення ДМУ у першій декаді відновлення вегетації прогнозується на рівні 80,8 г/м²дек. В другому ж сценарному періоді значення ДМУ прогнозується на рівні 106,6 г/м²дек, а в третьому сценарному періоді 51,6 г/м²дек відповідно.

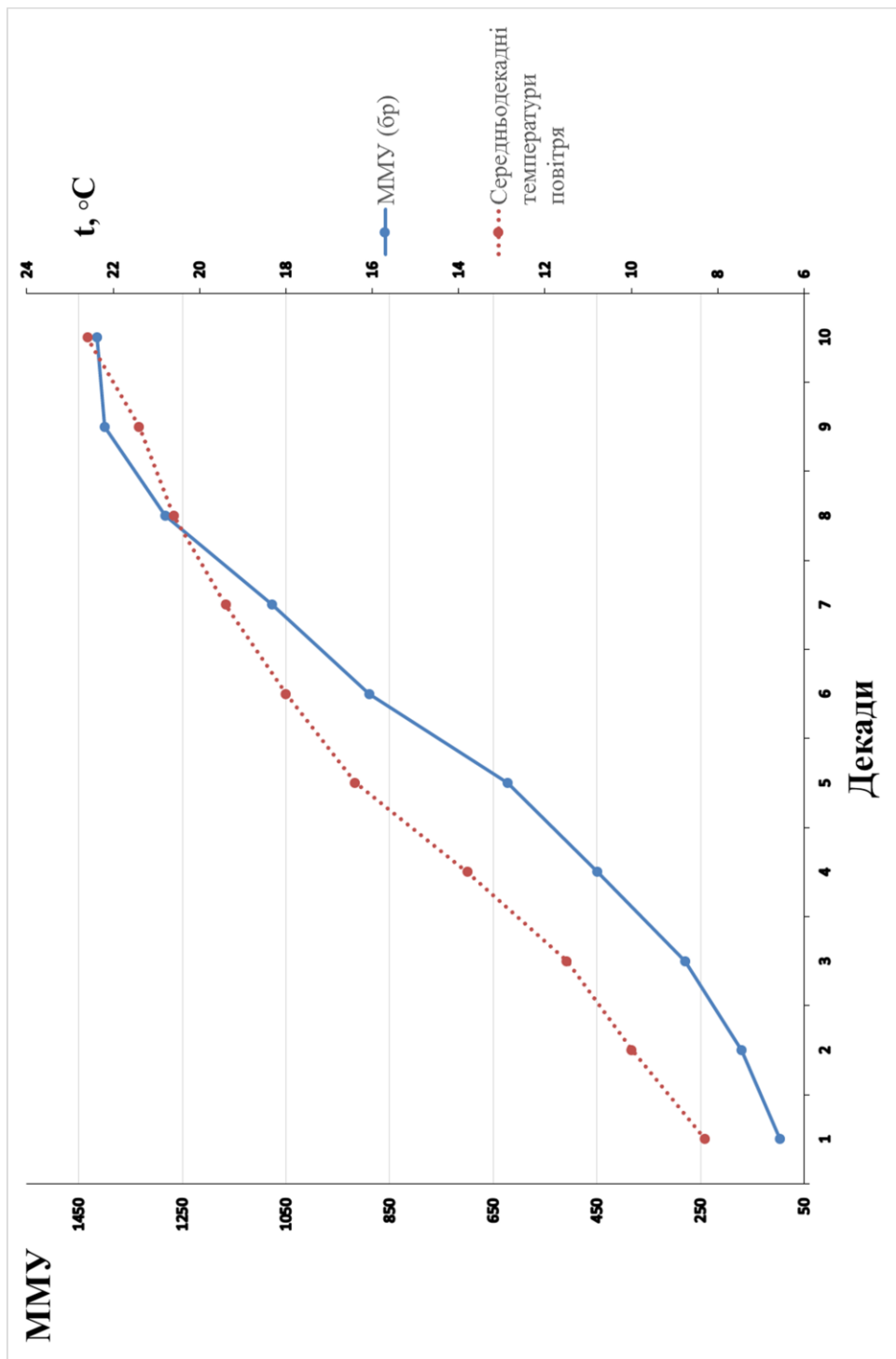


Рисунок 4.12 – Декадний хід температури повітря наростаючим підсумком (t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) озимого ріпаку у Північному Причорномор'ї в весняно - літній період вегетації за період 1991 – 2010 рр.

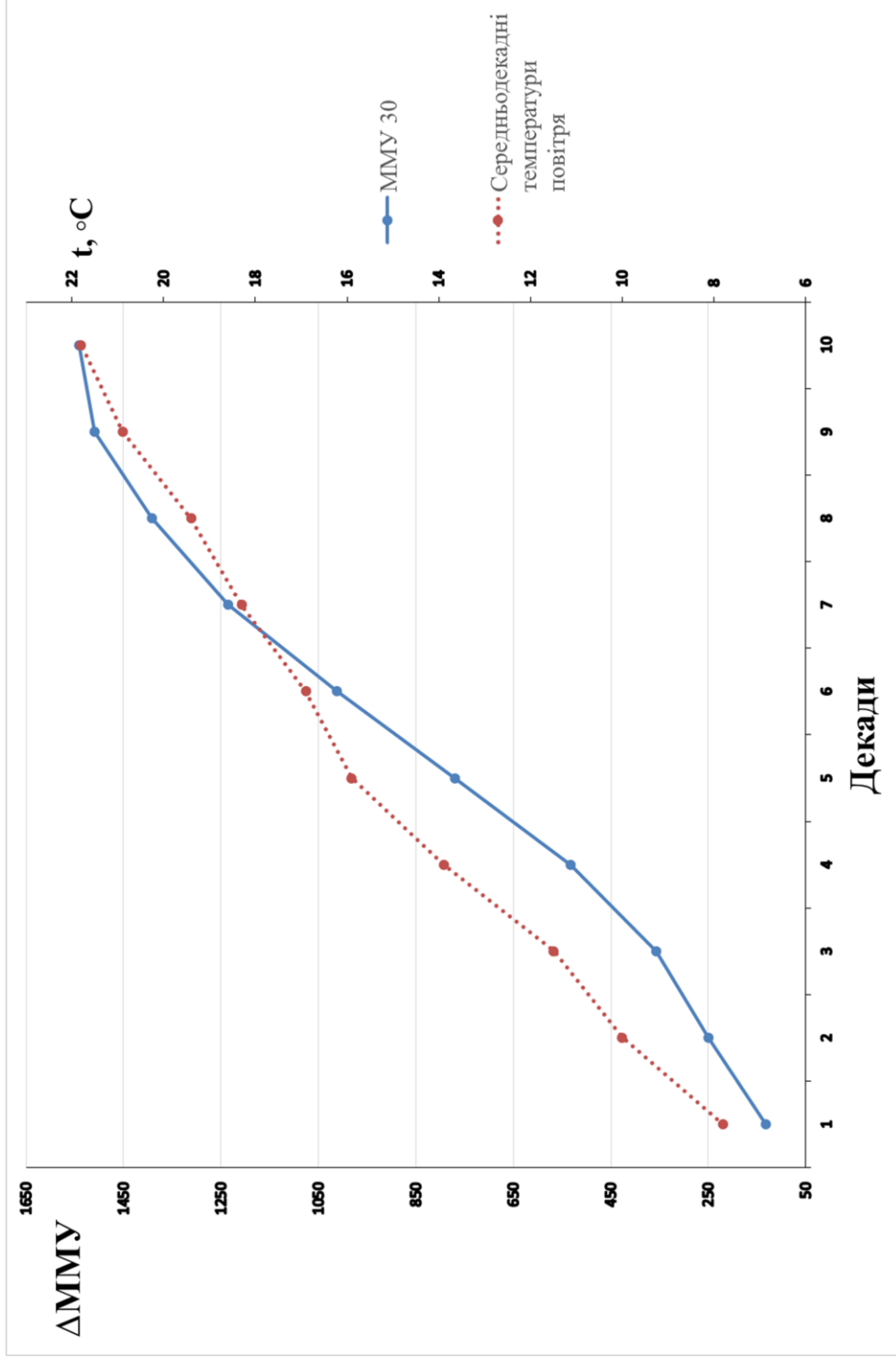


Рисунок 4.13 – Декадний хід температури повітря наростаючим підсумком (t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) озимого ріпаку у Північному Причорномор'ї в весняно - літній період вегетації за період 2021-2030 рр.

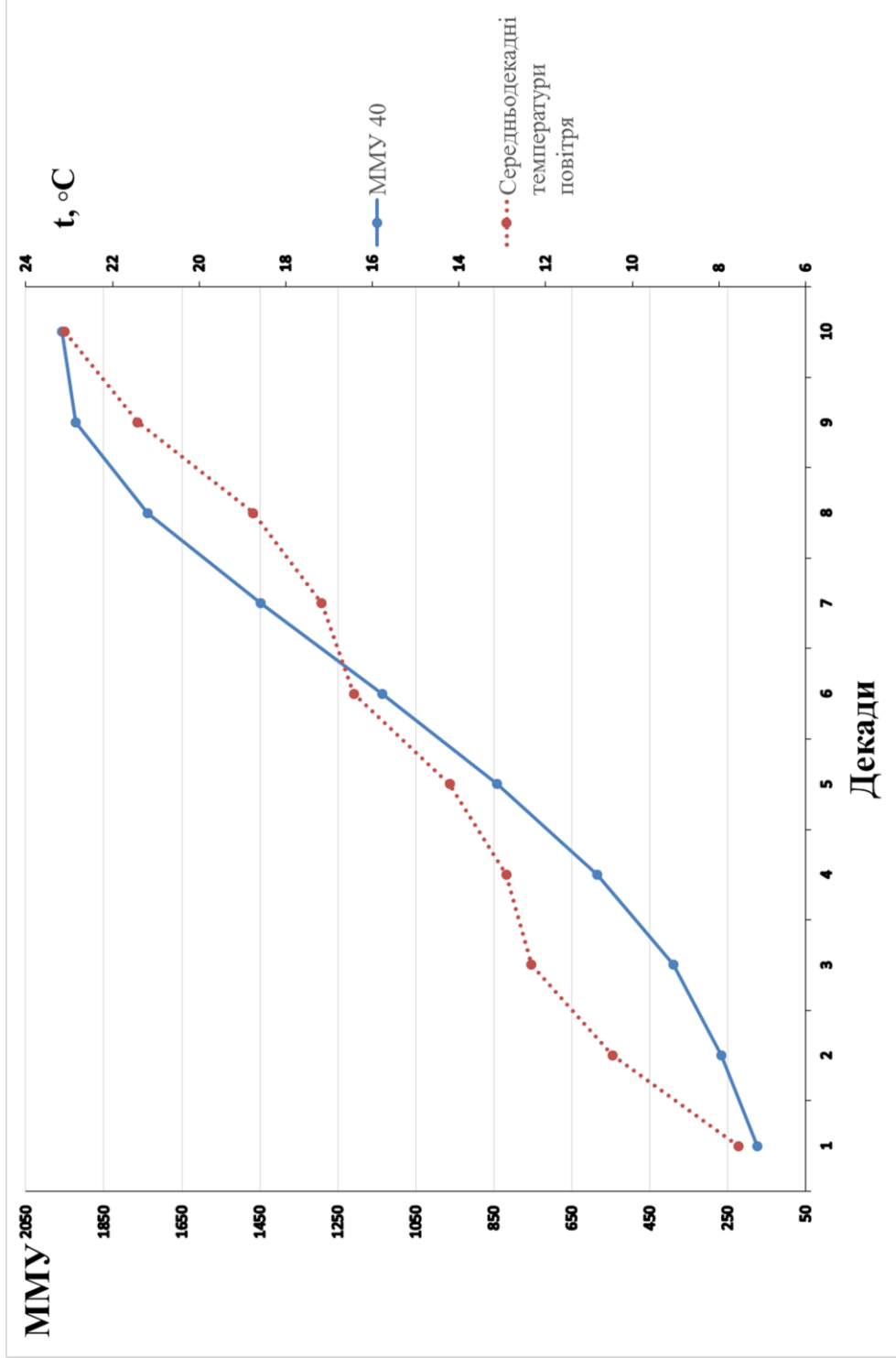


Рисунок 4.14 – Декадний хід температури повітря наростаючим підсумком (t) і приrostів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) озимого ріпаку у Північному Причорномор'ї в весняно - літній період вегетації за період 2031 - 2040 рр.

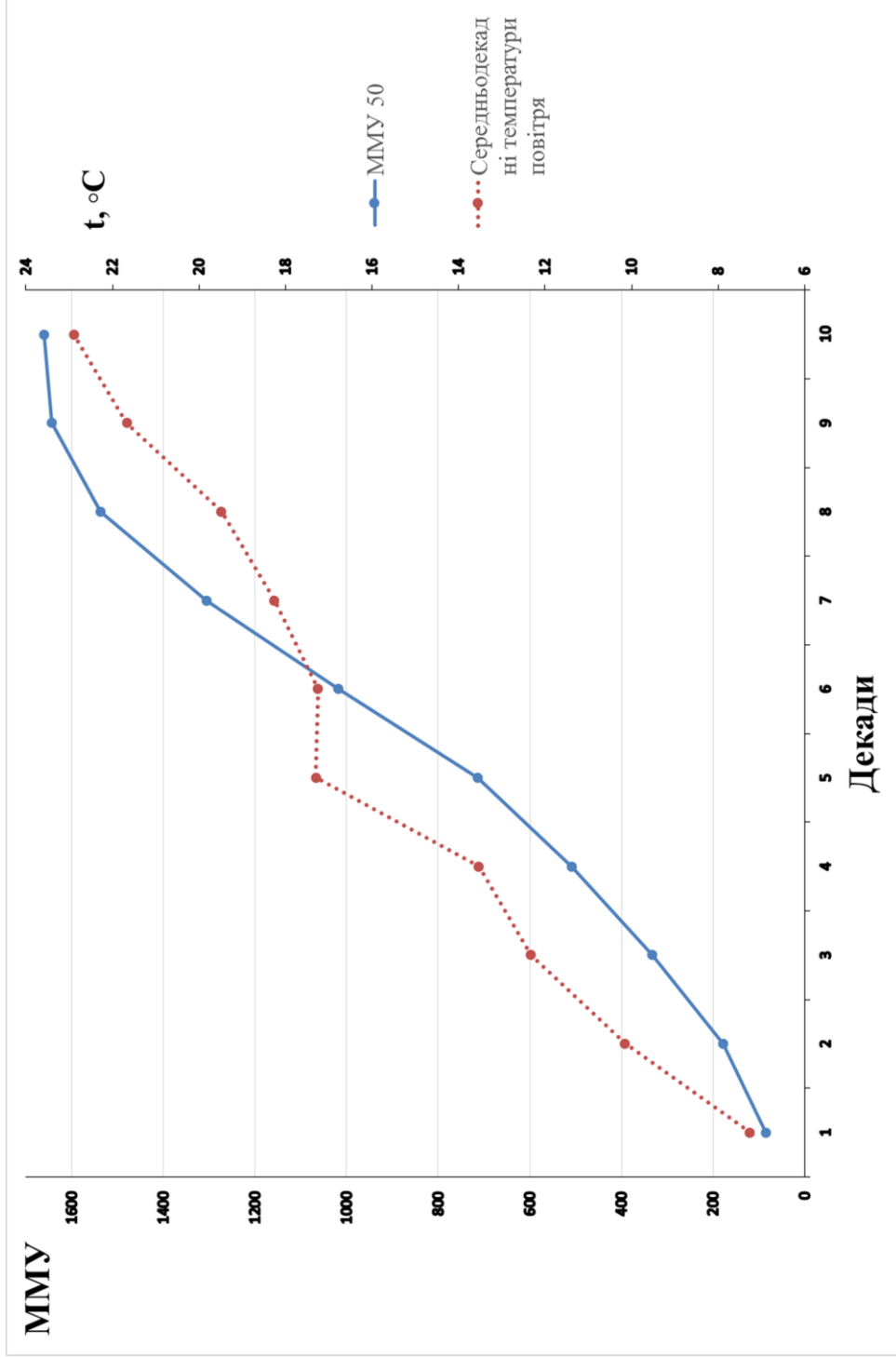


Рисунок 4.15 – Декадний хід температури повітря наростаючим підсумком(t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) озимого ріпаку у Північному Причорномор'ї в весняно - літній період вегетації за період 2041-2050 рр.

Далі показники ДМУ демонструють зростання і досягають максимуму у десятій декаді на позначці 862,8 г/м² дек у базовому періоді. В першому сценарному періоді у кінці вегетаційного періоду значення ДМУ прогнозується на позначці 939,8г/м² дек, в другому сценарному періоді 1193,6 г/м² дек, а в третьому – 1013,2 г/м² дек.

На підставі виконаних розрахунків, нами була виконана оцінка узагальнених характеристики агрокліматичних умов вирощування та продуктивності озимого ріпаку за період 1990 - 2010 рр., за період 2011-2030 рр. та за період 2031-2050 рр. (табл. 4.3).

Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку ярого ячменю характеризує співвідношення ММУ і ПУ. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМУ і ММУ. Ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) озимого ріпаку за період вегетації у період 1990-2010 рр. становить 0,440 відн.од., за сценарні періоди 2021-2030 рр., 2031-2040рр. та 2041-2050 рр. – 0,383 відн.од., 0,501 відн.од. та 0,455 відн.од. відповідно.

Співвідношення УВ і ММУ дає можливість оцінити ефективність використання агрокліматичних ресурсів (С₀). В обидва кліматичні періоди не зміниться оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів озимого ріпаку і складатиме 0,61 відн.од.

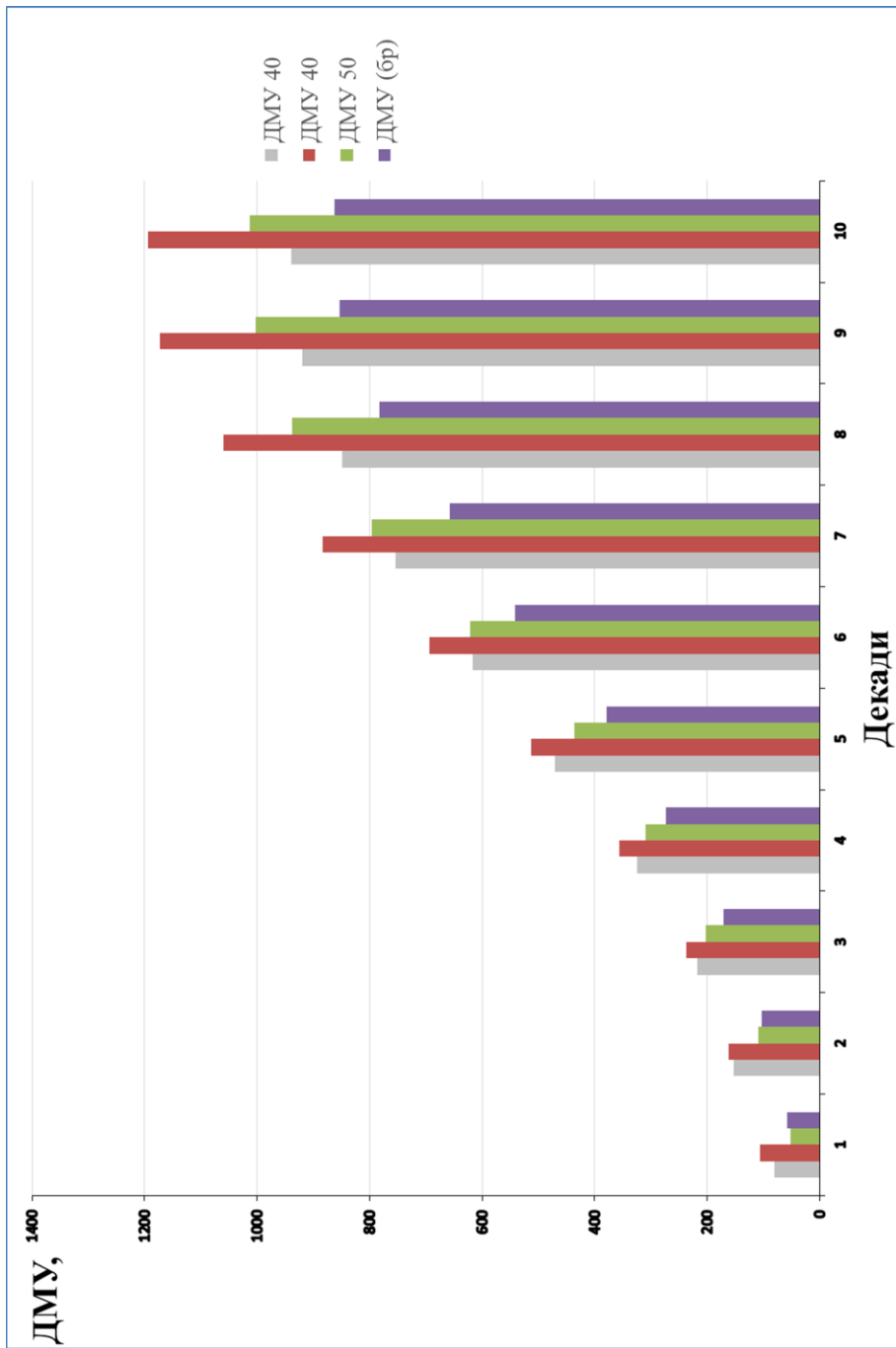


Рисунок 4.16 – Динаміка приростів ДМУ наростаючим підсумком озимого ріпаку у Північному Причорномор'ї у весняно - літній період вегетації на території Північного Причорномор'я за багаторічний період (1991-2010рр.) та сценарні періоди (2021-2030рр., 2031-2040рр., 2041-2050рр.)

Таблиця 4.3 - Узагальнені характеристики ґрунтових та агрокліматичних ресурсів вирощування озимого ріпаку на території Північного Причорномор'я

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Періоди			
		1991- 2010	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050
1	ПУ сухої маси, г/м ²	3217,7	4021,7	3904,8	3649,6
2	ММУ сухої маси, г/м ²	1414,5	1540,7	1956,7	1661
3	ДМУ сухої маси, г/м ²	862,8	939,8	1193,6	1013,2
4	ПУ при стандартній вологості ц/га	39,3	42,9	54,4	46,2
5	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів (C _o), відн.од.	0,61	0,61	0,610	0,61
6	Оцінка ступеню благоприємності кліматичних умов, (СВУ), відн. од.	0,440	0,383	0,501	0,455
7	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C _d), відн. од.	0,166	0,133	0,136	0,146
8	Оцінка рівня культури землеробства (C _A), відн. од.	0,377	0,346	0,272	0,321

Відношення УВ до ПУ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) озимого ріпаку.

Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для озимого ріпаку, з табл. 4.3 бачимо, що найбільш високий рівень C_d 0,166 відн. од. у базовому періоді. У першому сценарному періоді рівень C_d знижується до 0,133 відн.од. Рівень реалізації агроекологічного потенціалу у другий

сценарний період становить 0,136 відн.од., а в третій сценарний період – 0,146 відн.од..

При реальних ґрунтових умовах співвідношення УВ та ДМВ можна розглядати як показник досконалої агротехнології.

Переходячи до опису оцінки культури землеробства (C_a) для озимого ріпаку, з табл. 4.3 бачимо, що у першому сценарному періоді рівень C_a складатиме 0,346 відн.од. Знижується рівень C_a до позначки 0,272 відн.од. у другому сценарному періоді та зростає до позначки 0,321 відн.од. у третьому сценарному періоді. В базовий період C_a становила 0,377 відн.од..

Значення приростів потенційного врожаю озимого ріпаку за період 1991-2010 рр. становить 3217,7 г/м², за період 2021-2030 рр. – 4021,7 г/м², за період 2031-2040 рр. становить 3904,8 г/м², та за третій сценарний період 3649,6г/м²(табл. 4.3).

Розподіл приростів ММУ по території відрізняється від розподілу ПУ і найбільше значення його 1956,7 г/м² спостерігається у другому сценарному періоді, зменшуючись до 1661 г/м² у третьому сценарному періоді. В першому сценарному періоді значення ММУ становить 1540,7 г/м²при значені 1658 г/м² у базовий період.

Переходячи до опису приростів ДМУ озимого ріпаку на території Північного Причорномор'я можна відзначити, що найбільше значення ДМУ спостерігається в другому сценарному періоді та складає 1193,6 г/м². Нижче значення приросту ДМУ спостерігається у третьому сценарному періоді і становитиме 1113,2 г/м², менше значення приросту ДМУ спостерігається у першому сценарному періоді -939,8 г/м², а найменше зафіксовано у базовому періоді 862,8г/м².

Розподіл виробничих врожаїв в Північному Причорномор'ї змінюються від 39,3 ц/га до 59,4 ц/га. Найбільш високий виробничий врожай спостерігатиметься у другий сценарний період і складатиме 59,4 ц/га. Найменший врожай у базовому періоді 39,3 ц/га, В першому сценарному періоді 42,9 ц/га, а в третьому сценарному 46,2 ц/га.

Можна зробити такий висновок, що на підставі виконаних розрахунків оцінки агрокліматичних умов вирощування та продуктивності озимого ріпаку впродовж вегетації ми бачимо, що найсприятливіші умови, для отримання високих врожаїв складаються в період 2031-2040 рр.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи можна зробити наступні висновки:

1. Виконано аналіз сучасного стану вивчення біології культури озимого ріпаку, агротехніки його вирощування в Україні.

2. В результаті чисельних експериментів за моделлю А.М. Польового, адаптованої та модифікованої стосовно культури озимого ріпаку Н.В. Васалатій досліджено вплив агрометеорологічних умов на формування площі листкової поверхні, фотосинтетичної продуктивності та чистої продуктивності фотосинтезу озимого ріпаку в весняно – літній період вегетації в порівнянні середньобаторічних умов та за сценарієм зміни клімату гср 4.5 (періоди 2021-2030 рр. 2031-2040 рр. та 2041-2050 рр.)

З одержаних чисельних експериментів встановлено, що сезонне відновлення вегетації на весні озимого ріпаку починається за середніми багаторічними даними у другій декаді березня. У перший та другий сценарний період відновлення вегетації на весні озимого ріпаку починається у першій декаді квітня, а у третьому сценарному періоді – у третій декаді березня. Очікується значне погіршення умов вологозабезпечення рослин, особливо у першому та третьому сценарному періоді. При цьому вологозабезпеченість вегетаційного періоду зменшиться приблизно на 25%: у першому сценарному періоді становитиме – 0,27 відн. од.; у другому – 0,29 відн. од.; у третьому – 0,28 відн. од. Зменшиться величина ГТК до 0,6-0,52 відн. од. Прихід ФАР за період відновлення вегетація – повна стиглість озимого ріпаку за середніми багаторічними даними складає 195,8 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення приходу ФАР. Так у першому сценарному періоді, значення ФАР прогнозується на рівні 231,5 кДж/см²; у другому до 233,8 кДж/см²; та у третьому до 225,4 кДж/см²

У весняно – літній період оптимальні умови для фотосинтетичної продуктивності озимого ріпаку складаються в другому та третьому сценарному періодах, де формується максимальна площа листкової поверхні ($5,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$) Встановлено, що найвищий рівень фотосинтетичної продуктивності співпадає з настанням фази цвітіння озимого ріпаку у другому сценарному періоді ($145,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

2. За допомогою моделі було досліджено вплив агрометеорологічних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в весняно-літній періоди вегетації. Розглядалася територія Північного Причорномор'я. Встановлено, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший та другий сценарний періоди повністю співпадає з базовою. Таким чином, збільшення приростів ПУ порівняно з базовим варіантом, відбуватиметься лише за рахунок збільшення концентрації CO_2 в атмосфері з 380ppm до 470 ppm у другому періоді та 520 ppm в третьому.

Агрокліматичні умови території Північного Причорномор'я забезпечать максимальні прирости потенційного, метеорологічно-можливого, дійсно-можливого урожаїв у другому сценарному періоді відповідно $3904,8 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$, $1956,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$, $1193,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$

3. Встановлено, що рівень використання агрокліматичних ресурсів території Північного Причорномор'я озимим ріпаком складатиме 0,61 відносно одиницю за всіх сценарних періодів. Оцінка ступеню благоприємності кліматичних умов в теперішньому часі складає 0,44 та очікується найвищою у другому сценарному періоді (0,50 від. од.). Оцінка рівні реалізації агроекологічних умов найвища за середньобагаторічний період та буде зменшуватися у сценарні періоди. У першому сценарному періоді рівень культури землеробства складатиме 0,346 відн.од. Знижується він до позначки 0,272 відн.од. у другому сценарному періоді та зростає до позначки 0,321 відн.од. у третьому сценарному періоді. В базовий період даний показник становить 0,377 відн.од..

Отже, вплив змін клімату на території Північного Причорномор'я для урожаїв озимого ріпаку загалом є позитивним, оскільки в порівнянні з базовим періодом, урожайність у виробництві за якого склала 39,3 ц/га у сценарні періоди урожайність у виробництві загалом вища. Так у першому сценарному періоді вона прогнозується на рівні 42,9 ц/га, у другому сценарному періоді 54,4 ц/га та в третьому сценарному періоді 46,2 ц/га. Такі показники урожайності в цілому відповідають концепції сценарію зміни клімату RCP4,5.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Миколаївській області (1986 – 2005 рр) / за ред. С.Є. Софінського, Т.І. Адаменко. [Електронний ресурс]: Тернопіль, 2010. 183 с. 1 електрон. опт. диск (CD-R).
2. Агрокліматичний довідник по Одеській області (1986 – 2005 рр) / за ред. В.М. Ситова, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011. 204 с.
3. Агрокліматичний довідник по території України (середні обласні показники 1986-2005 рр.) / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець – Подільський: 2011. 108с.
4. Агрокліматичний довідник по Херсонській області (1986 – 2005 рр) / за ред. С.М. Мельничука, Т.І. Адаменко. Херсон: Астропринт, 2011. 208 с.
5. Адаменко Т., Агрокліматичні умови вирощування ріпаку в Україні. / Агроном. 2006. №2. с. 94-95.
6. Белик Н.Л. Цветение рапса ярового// География. Биология. Валеология. Химия. Тамбов,1996. с.32-33.
7. Васалатій Н.В. Агрометеорологічні умови росту та розвитку озимого ріпаку в весняно–літній період вегетації / Н.В. Васалатій // Вісник Одеського державного екологічного університету. 2012. вип. 14. С. 132-141.
8. Васалатій Н.В. Вплив агрометеорологічних умов на формування площі листової поверхні та фотосинтетичну продуктивність озимого ріпаку в осінньо-зимовий період вегетації / Н.В. Васалатій // Вісник Одеського державного екологічного університету. 2013. вип. 15. С. 110-119.
9. Васалатій Н.В. Агрокліматические условия и формирование приростов агроэкологических категорий урожайности озимого рапса// Культура народов Причерноморья. Симферополь. 2013. вип.257. С. 228-232.
10. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. (Серія 2, ч. 1), Агрокліматичні ресурси. Київ: ДОД Держкомгідромету України, 1995.

Том. 201с.

11. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. (Серія 2, ч. 2). Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. - Київ: ДОД Держкомгидромету України, 1993. 718 с.
12. Доянов Д.В., Кирнасівська Н.В. Рапс історія культури, поширення, господарське значення, врожайність. Матеріали XLII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії» Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2017 р. С. 8-10
13. Доянов Д.В., Кирнасівська Н.В. Агрокліматичні оцінка формування продуктивності озимого ріпаку в умовах зміни клімату в центральному регіоні України // Матеріали IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2018 р. С. 42-44
14. Доянов Д.В., Кирнасівська Н.В. Моделювання агроекологічних категорій урожайності культури озимого ріпаку в Херсонській області: Тези. Одеса: ОДЕКУ. 2017 р.
15. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 215 с.
16. Климат Украины. / под ред. Г.Ф. Прихотько, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. 413с.
17. Колосков Г.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 328 с.
18. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 138 с.
19. Ляшенко Г.В. Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Украина: монография. Одесса: ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова», 2010. 249 с.

20. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов / под ред. Жукова В.А., Полевого А.Н., Витченко АН., Даниелова С.А. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 207 с.
21. Науково-прикладний довідник з агрокліматичних ресурсів України (посушливі явища). Серія 2, ч. 4. Київ: ДОД Держкомгідромету України, 1995. 206 с.
22. Науково-прикладний довідник з агрокліматичних ресурсів України (середньообластні показники). Серія 2, ч. 3. Київ: ДОД Держкомгідромет України, 1994. 61 с.
23. Озимий ріпак в Степу України. Під ред. Щербакова В.Я. Одеса, 2009. 184 с.
24. Полевой А.Н. Рекомендации по выполнению оперативно- методических работ по агрометеорологическим прогнозам. М.: Гидрометеиздат. 1982. 14 с.
25. Полевой А.Н., Васалатій Н.В. Модель формирования агроэкологических категорий урожайности озимого рапса // Труды ГМНИЦ РФ: Гидрометеорологические прогнозы. М. 2013. вып. 349. С. 176-187.
26. Полевой А.Н.. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. М.: Гидрометеиздат, 1981. 36 с.
27. Полевой А.Н.. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
28. Полевой АН. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
29. Польовий А.М. Методичні вказівки "Моделювання процесу формування врожаю сільськогосподарських культур" з дисципліни "Методи досліджень в агрометеорології" для студентів V курсу метеорологічного факультету. Одеса: 1999.
30. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса: Екологія, 2013. 432 с.

- 31.Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія Одеса: ТЕС, 2012. 424 с.
- 32.Штопа В.И., Кравцов С.Ю. Особенности биологии цветения рапса и сурепицы // Сельскохозяйственная биология, №2, 1986. с. 45 – 46
- 33.Яковенко Т. М. Олійні культури України. К.:Урожай. 2005.
- 34.Davies J. M. L.: Diseases of oilseed rape/J. M. L. Davies // Scarisbrick D. H., R. W. Daniels (eds.): Oilseed rape. London: Collins, 1986. -P. 195-236.
- 35.BASF(Hrsg.). Raps Anbau und Verwertung einer Kultur mit Perspektive. Landwirtschaftsverlag Munster-Hiltrup, 2006. - 260 S.
- 36.Rapacz M. Winter hardiness, frost resistance and vernalization requirement of European winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera*) cultivars within the last 20 years / M. Rapacz, A. Markowski //J. Agron. & Crop Sci. 1999. - Vol.183.-P.243-253.
- 37.RimantasVELIČKA, Nijolė ANISIMOVĪENĖ, Rita PUPALIENĖ, Jurga JANKAUSKIENĖ, Lina Marija BUTKEVIČIENĖ, Zita KRIAUCIŪNIENĖ .Preparation of oilseed rape for over-wintering according to autumnal growth and cold acclimation period // Žemdirbystė=Agriculture, 97. – 2010. – N.3 – P. 69–76

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А1 - Агрокліматичні умови формування агроекологічних категорій урожайності озимого ріпаку в Північному Причорномор'я у весняно - літній період вегетації за період 1991-2010 р.р.

Декади вегетації	Інтенсивність ФАР за декаду	Середньодобові температури повітря	Сума ефект. т-р вище 5, °С	Сумарне випаровування	Випаровуваність	Відносне вологозабезпечення	ГТК	Прирости агроекологічних категорій урожайності		
								ПУ (бр)	ММУ (бр)	ДМУ (бр)
03.03	152,1	8,3	35,2	10,5	19,5	0,54	0	361,4	96,2	58,7
01.04	161,6	10	85,2	10,9	19,5	0,56	0	573,8	170,4	103,9
02.04	193,3	11,5	150,2	13,4	24,4	0,55	1,04	827,9	279,6	170,5
03.04	233,4	13,8	238,2	16,4	29,2	0,56	1,01	1134,7	449,1	274
01.05	242,2	16,4	352,2	13,8	39	0,35	0,61	1453	622,1	379,5
02.05	259,9	18	495,2	21,6	42,9	0,5	0,81	1828,7	888,6	542,1
03.05	254,8	19,4	639,2	18,9	43,9	0,43	0,67	2163,6	1077,7	657,4
01.06	265,4	20,6	795,2	26,8	48,8	0,55	0,92	2512,4	1283,8	783,1
02.06	262	21,4	959,2	27,2	48,8	0,56	0,89	2856,7	1400,2	854,1
03.06	274,7	22,6	1135,2	27,8	58,5	0,48	0,8	1414,5	1414,5	862,8

Таблиця А2 - Агрокліматичні умови формування агроекологічних категорій урожайності озимого ріпаку в Херсонській області у весняно - літній період вегетації за період 2021-2030 р.р

Декади вегетації	Інтенсивність ФАР за декаду	Середньодобові температури повітря	Сума ефект. т-р вище 5, °С	Сумарне випаровування	Випаровуваність	Відносне вологозабезпечення	ГТК	Прирости агроекологічних категорій урожайності		
								ПУ 30	ММУ 30	ДМУ 30
03.03	229,3	7,8	34	6,4	17,6	0,37	0	613,5	132,4	80,8
01.04	233,7	10	84	13,4	20,1	0,67	0	920,6	249,6	152,3
02.04	275,5	11,50	149,2	6,9	25,7	0,27	0,47	1280,1	357	217,8
03.04	259,2	13,90	137,8	15	30,8	0,49	0,84	1620,8	532,9	325,1
01.05	286	15,90	346,7	15,2	31	0,49	0,72	1996,7	770,7	470,1
02.05	289,1	16,90	477,8	13,8	40,2	0,34	0,52	2414,6	1012,1	617,4
03.05	300,4	18,30	610,9	16,9	47,8	0,35	0,63	2809,4	1236,4	754,2
01.06	304	19,40	755,3	19,3	49	0,21	0,66	3209	1392,2	849,2
02.06	320	20,90	914,5	12,7	58,4	0,22	0,38	3629,6	1508,9	920,4
03.06	298,3	21,80	1082,2	19,4	58,3	0,33	0,55	4021,7	1540,7	939,8

Таблиця А3 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності озимого ріпаку в Херсонській області у весняно - літній період вегетації за період 2031-2040 р.р.

Декади вегетації	Інтенсивність ФАР за декаду	Середньодобові температури повітря	Сума ефект. т-р вище 5, °С	Сумарне випаровування	Випаровувальність	Відносне вологозабезпечення	ГТК	Прирости агроєкологічних категорій урожайності		
								ПУ 40	ММУ 40	ДМУ 40
03.03	216,4	7,56	30,4	10,1	16,2	0,63	0	559,3	174,8	106,6
01.04	260,6	10,46	85	7,3	22,4	0,33	0,57	901,8	266,1	162,3
02.04	266,4	12,33	158,3	9,2	26,7	0,34	0,57	1252	388,5	237
03.04	255,4	12,91	237,4	14,5	22,8	0,64	0,72	1587,6	584,4	356,5
01.05	267,7	14,22	329,6	18,2	25,6	0,71	0,83	1939,5	841,6	513,4
02.05	280,6	16,43	455,4	19,6	35,4	0,55	0,83	2345,2	1136,3	693,1
03.05	265,4	17,17	577,1	25,9	31,7	0,82	0,93	2693,9	1448,8	883,8
01.06	279	18,75	714,6	26	34,4	0,76	0,97	3060,6	1737,3	1059,7
02.06	308,8	21,42	878,8	20	51,2	0,39	0,91	3466,4	1923,3	1173,2
03.06	333,6	23,1	1059,6	9	68,4	0,13	0,8	3904,8	1956,7	1193,6

Таблиця А4 - Агрокліматичні умови формування агроекологічних категорій урожайності озимого ріпаку в Херсонській області у весняно - літній період вегетації за період 2041-2050 р.р.

Декади вегетації	Інтенсивність ФАР за декаду	Середньодобові температури повітря	Сума ефект. т-р вище 5, °С	Сумарне випаровування	Випаровуваність	Відносне вологозабезпечення	ГТК	Прирости агроекологічних категорій урожайності		
								ПУ 50	ММУ 50	ДМУ 50
03.03	220,9	7,27	23	9,9	15,6	0,63	0,5	290,3	84,6	51,6
01.04	255	10,16	75	8,6	21,9	0,39	0,55	625,5	179	109,2
02.04	249,5	12,33	148	16,1	24,4	0,66	0,65	953,4	332,7	202,9
03.04	265,2	13,54	233	13	27,3	0,48	0,7	1302	507,9	309,8
01.05	284,5	17,3	356	13,8	38,5	0,36	0,93	1675,9	713,7	435,4
02.05	270,1	17,25	491,3	22,5	36,5	0,62	1	2066,3	1017,7	620,8
03.05	284	18,26	624,3	24,7	38	0,65	1	2439,6	1305,1	796,1
01.06	288,8	19,49	769,3	21	40,5	0,52	1	2819,2	1538,3	938,3
02.06	309,7	21,67	936,3	14,1	59,5	0,24	0,69	3226,2	1643,8	1002,7
03.06	322,1	22,9	1115,3	13,3	73,1	0,18	0,13	3649,6	1661	1013,2